

Prévention des lésions des ischio-jambiers par renforcement excentrique chez les sportifs : le Nordic Hamstring

ANTOINE BRONDEL

Étudiant HES – Filière Physiothérapie

ADRIEN DUPOUY

Étudiant HES – Filière Physiothérapie

Directeur de travail de Bachelor : MARC VASSANT

**TRAVAIL DE BACHELOR DEPOSÉ À GENÈVE ET SOUTENU À LAUSANNE EN 2012 EN VUE DE L'OBTENTION D'UN BACHELOR OF
SCIENCE EN PHYSIOTHÉRAPIE**

RÉSUMÉ

Introduction :

Dans le domaine du sport, les blessures les plus courantes chez les athlètes sont les lésions musculaires des ischio-jambiers. Elles entraînent de longues indisponibilités et gênent les joueurs dans leur reprise de l'activité sportive. Pour le physiothérapeute, la prévention reste le meilleur moyen pour limiter l'apparition de ce type de blessure. Récemment décrit dans la littérature comme un exercice de choix en matière de prévention, le Nordic Hamstring a suscité notre intérêt. L'objectif de cette revue de la littérature est donc d'identifier les répercussions que pourraient avoir un exercice de renforcement excentrique de type Nordic Hamstring dans la prévention des lésions aux ischio-jambiers.

Problématique :

Le Nordic Hamstring a-t-il un effet significatif dans la prévention des lésions aux ischio-jambiers chez les sportifs ?

Méthode :

Nous avons utilisé les bases de données suivantes : Medline, Cochrane library, PEDro, Web of science et Kinédoc. Nous n'avons inclus que des études comprenant le protocole du Nordic Hamstring décrit par Mjølnes en 2004, avec une population ayant un niveau sportif amateur et/ou professionnel.

Résultats :

Trois publications ont été retenues, deux cohortes et une RCT. L'évaluation a été réalisée par les échelles de validation PEDro et MINORS. Suite à l'intervention du Nordic Hamstring, les trois études observent une diminution significative de l'incidence de lésions aux ischio-jambiers dans les équipes sélectionnées.

Conclusion :

L'exercice régulier du Nordic Hamstring diminue significativement l'incidence des lésions primaires et récidivantes. D'autres études de meilleure qualité seraient cependant nécessaires pour augmenter le niveau de preuve.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout particulièrement les personnes suivantes :

Monsieur **Marc VASSANT**, enseignant à la HEdS-GE et directeur de notre travail de bachelor, pour la relecture complète de notre travail et ses remarques pertinentes.

Monsieur **Nicolas MATHIEU**, enseignant à la HEVS, pour sa disponibilité, ses remarques judicieuses et ses conseils avisés.

Monsieur **Yvan LEURIDAND**, enseignant à la HEdS-GE, pour ses corrections suite à la lecture croisée.

Madame **Elisabeth BURGE**, responsable de la filière physiothérapie à la HEdS-GE, pour sa réactivité et sa disponibilité.

Monsieur **Mario BIZZINI** et Monsieur **Carl ASKLING** pour avoir répondu à nos sollicitations et nous avoir envoyé des documents pertinents.

Monsieur **Bastien VEILLARD**, physiothérapeute, pour avoir su nous orienter lors du choix de notre sujet.

Monsieur **Nabil MEZABER** et Monsieur **Mathieu MOUTHON**, physiothérapeutes, pour les échanges constructifs que nous avons eus avec eux sur notre thème.

Madame **Joëlle DUPOUY** et Monsieur **Florian DUPOUY** pour la relecture de notre travail.

Monsieur **Kevin GOUDARD** et Monsieur **Antoine STEINER** pour leur bonne humeur et leur patience durant l'élaboration de nos travaux.

Madame **Claire BENNETT** pour son aide bienveillante dans la traduction des articles.

Antoine et Adrien

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction.....	1
2. Problématique / Question de recherche	3
3. Cadre théorique.....	4
3.1. Rappel anatomique des ischio-jambiers.	4
3.2. Physiologie des ischio-jambiers	5
3.3. Contraction excentrique	6
3.3.1. Définition du travail excentrique.....	6
3.3.2. Effets du travail excentrique	7
3.4. Apparition de douleurs retardées : DOMS	9
3.5. Les lésions musculaires	10
3.5.1. Mécanismes lésionnels des ischio-jambiers.....	10
3.5.2. Classification des lésions musculaires.....	11
3.5.3. Diagnostic et examens complémentaires	13
3.5.4. Facteurs de risque	14
3.6. Différentes méthodes de travail en excentrique	15
3.6.1. Travail auxotonique	15
3.6.2. Travail isotonique.....	15
3.6.3. Travail isocinétique	16
3.7. Le Nordic Hamstring.....	16
3.7.1. Description de l'exercice.....	17
3.7.2. Points importants	17
3.7.3. Protocole de renforcement selon Mjølnes.....	18
4. Méthodologie	18
4.1. Critères d'inclusion	18
4.2. Critères d'exclusion.....	19
4.3. Equation booléenne et mots clés	20
4.4. Stratégie de recherche.....	21
4.5. Application de la stratégie de recherche.....	21
4.6. Evaluation de la qualité des articles	25
4.7. Niveau de preuve des articles	26
4.8. Modalités d'extraction et de traitement des informations	26

5. Résultats	26
5.1. Résultats de la stratégie de recherche	26
5.2. Evaluation de la qualité	27
5.3. Niveau de preuve des études	29
5.4. Résultats des études	29
5.5. Comparaison des études	35
6. Discussion.....	39
6.1. Interprétation des résultats.....	39
6.2. Confrontation à la littérature	41
6.3. Biais et limites scientifiques des études	42
6.4. Limites de notre revue	44
6.5. Recherches futures	45
6.6. Recommandations pour la pratique	46
7. Conclusion.....	47
8. Bibliographie	I
9. Liste des illustrations	VIII
10. Liste des tableaux	IX
11. Annexes	X

1. Introduction

La pratique sportive est devenue un élément essentiel de loisir quotidien. Au-delà de l'effet de mode, les pratiquants en attendent des bienfaits sur la santé. Dans l'expression de l'excellence, les sportifs de haut niveau s'entraînent jusqu'à deux fois par jour pour être toujours plus performants. Avec le développement des activités sportives de loisirs et professionnelles, les lésions musculo-tendineuses sont de plus en plus nombreuses.

Ayant un intérêt commun pour le sport et une envie d'approfondir nos connaissances dans ce domaine, nous avons décidé ensemble de nous intéresser à ce problème. Nous avons donc contacté des physiothérapeutes exerçant depuis plusieurs années dans ce milieu pour orienter et améliorer la pertinence scientifique de notre travail. Dans leur pratique quotidienne en cabinet ou au bord du terrain, les déchirures musculaires leurs apparaissent comme étant la pathologie la plus courante et la plus problématique. Un fort taux de récurrence éloigne régulièrement les joueurs des terrains, diminue leur performance et affecte leur moral. Devant l'ampleur de ce phénomène, nous avons cherché dans la littérature des données chiffrées nous permettant de le quantifier.

Les études montrent que les ischio-jambiers représentent à eux seuls 11% des blessures en course à pied, 16 à 27% en football australien (Mjølsnes, Arnason, Østhagen, Raastad & Bahr, 2004), et 26% chez les footballeurs professionnels (Bizzini, Junge, Bahr & Dvorak, 2009, p.98). En plus d'une incidence importante durant la pratique sportive, la récurrence est un problème majeur qui concerne 25% des joueurs de cette population. Cette récurrence intervient pour 33% des cas dans les deux semaines suivant la reprise sportive (Heiderscheit, Sherry, Slider, Chumanov & Thelen, 2010). Dans ces deux cas de figure, un programme de prévention adapté doit être mis en place par le physiothérapeute dans le but de pallier à l'apparition de ces lésions.

Récemment, le club de football professionnel de Barcelone a publié un document synthétique des différentes avancées médicales en matière d'épidémiologie, de diagnostic, de traitement et de prévention des lésions musculaires (Rodas, Pruna, Til & Martin, 2009). Il propose un protocole pour améliorer la condition physique de ses joueurs et prévenir les blessures. Les interventions proposées sont issues d'un travail du

« Medical centre of assessment and investigation of FIFA » et l'ensemble de ce programme porte le nom de « The 11 » ou « The 11+ » dans sa version la plus récente. Le contenu de ce dernier consiste en une série de 10 exercices à effectuer après un échauffement adapté et en une série d'étirements. Chaque exercice est spécifique à un groupe musculaire ou à une région du corps. Le temps global d'exécution du programme est d'environ 15 minutes. Cela présente deux avantages :

- Il s'intègre facilement aux séances d'entraînement quotidiennes, sans pour autant limiter les phases d'exercices en groupe avec ou sans ballon.
- Il ne demande aucun matériel particulier, ce qui permet aux joueurs de pouvoir l'exécuter en toute circonstance, de manière autonome ou collective.

Suite à la parution de ce document, « The 11+ » est testé par plusieurs équipes de football professionnel. Une étude démontre que la mise en place de ce programme a permis de diminuer significativement l'incidence des blessures musculaires sur des joueurs de première ligue amateur au Pays-Bas (Van Beijsterveldt et al., 2011). Plus récemment, l'association suisse de football a mené une grande campagne de sensibilisation en envoyant « The 11+ » à l'ensemble des 5549 coachs qui la compose. L'interview de mille d'entre eux et les données récupérées ont permis de mettre en évidence une régression de l'incidence des blessures chez les équipes proposant ce programme (Junge et al., 2010).

Ainsi, différentes études montrent l'efficacité préventive d'un programme sur l'ensemble des blessures musculaires dont peuvent être sujet les joueurs de football professionnel. De plus, nous avons remarqué que la récurrence des lésions aux ischio-jambiers fait de ces derniers une des cibles principales de tout programme de prévention.

Dans « The 11+ », les auteurs recommandent pour ce groupe musculaire un exercice de renforcement excentrique de type Nordic Hamstring. Nous nous sommes donc basés sur cette observation pour élaborer notre question de recherche.

2. Problématique / Question de recherche

Nous voulons mettre en évidence que l'incidence des lésions aux ischio-jambiers chez les sportifs peut être influencée par une action préventive de type renforcement. Il apparaît à ce jour qu'un déficit de force aux ischio-jambiers est un facteur prédictif de blessure (Croisier & Codine, 2009). Pour pallier à ce déficit et engager une démarche préventive, nous avons choisi d'utiliser l'exercice de renforcement excentrique du Nordic Hamstring tel qu'il a été décrit en 2004 par Mjølnes.

Médiatisé depuis sa parution dans le programme de prévention « The 11+ », cet exercice est simple d'exécution, peu onéreux et peut être pratiqué directement sur les terrains de sport. La question de recherche à laquelle nous avons donc choisi de répondre dans notre revue de la littérature s'intitule ainsi :

« Le Nordic Hamstring a-t-il un effet significatif dans la prévention des lésions aux ischio-jambiers chez les sportifs ? »

Une revue systématique des articles sur ce sujet nous permettra de mieux cerner cet exercice et d'évaluer son impact dans la prévention des lésions musculaires. Cela nous guidera également dans la prise en charge des patients lorsque nous serons confrontés à ce genre de situation dans notre pratique professionnelle.

Pour donner un impact plus important à notre revue, nous n'avons pas ciblé un type de sportif. Le mécanisme lésionnel étant le même, il nous paraissait plus important d'identifier les sports à risque afin de prendre en compte un maximum d'études. De plus, d'un point de vue scientifique, notre question de recherche répond à une demande de plusieurs auteurs (Mjølnes et al., 2004 ; Petersen & Olmich, 2005 ; Askling, Karlsson, Thorstensson, 2003).

3. Cadre théorique

3.1. Rappel anatomique des ischio-jambiers.

Les ischio-jambiers sont un terme commun désignant trois muscles de la loge postérieure de la cuisse (Lavignolle, 2006, p.50), de latéral à médial : le biceps fémoral (un chef court et un chef long), le semi-tendineux et le semi-membraneux (Marieb, 2010, p.380). Ce sont des muscles bi-articulaires qui vont de l'ischium jusqu'à la face postérieure du tibia et de la fibula.

- Le biceps fémoral : le chef long a pour origine la face postérieure de la tubérosité ischiatique. Le chef court naît par des fibres musculaires sur la moitié distale de la lèvre latérale de la ligne âpre. Les deux chefs se rejoignent et se fixent par un tendon commun sur la tête de la fibula et par des expansions sur le condyle latéral du tibia. Ils ont pour action principale la flexion du genou et permettent également la rotation latérale de la jambe lorsque le genou est fléchi. Le chef long participe à l'extension de la hanche.
- Le semi-tendineux : il s'insère sur la tubérosité ischiatique et se termine sur la face supérieure et médiale du tibia. Il a pour action la flexion du genou et l'extension de la hanche. Lorsque le genou est fléchi, il permet une rotation médiale de la jambe.
- Le semi-membraneux : il a pour origine la tubérosité ischiatique et se termine sur la face postérieure du condyle médial tibial, sur la face médiale tibiale et sur le condyle latéral tibial. Il a pour action la flexion du genou et l'extension de hanche. Il est rotateur médial du genou et tenseur de la capsule articulaire.

Ces trois muscles sont innervés par le nerf sciatique et par les racines métamériques L5, S1 et S2 (Gray's, 2010).

3.2. Physiologie des ischio-jambiers

Ce sont des muscles striés squelettiques prenant leurs insertions sur le squelette. Les fibres musculaires squelettiques sont composées de myofibrilles reconnaissables par leurs stries transversales : les sarcomères. Leur contraction volontaire nous permet de produire un mouvement, de garder une posture, de stabiliser une articulation et de dégager de la chaleur (Marieb, 2010, p.286).

Les sarcomères sont constitués d'un assemblage ordonné de filaments fins d'actine et de filaments épais de myosine. Des groupes de 200 filaments fins et épais sont enveloppés par des réticulums sarcoplasmiques permettant le relargage et le recaptage du calcium. La membrane plasmique de la cellule s'invagine pour former, au niveau de chaque sarcomère, deux tubules T. Ceux-ci permettent la conduction du message nerveux jusqu'au sarcomère (Jones, Round & De Haan, 2005, p.3).

Les ischio-jambiers sont composés à 55% de fibres de Type II (Garrett, Califf & Bassett, 1984, p.98). Les fibres de Types II sont des fibres dont la voie principale de synthèse de l'ATP est anaérobie (glycolytique). Leur vitesse de contraction est rapide avec une force développée importante, mais ils présentent une grande fatigabilité (Gasq et al., 2009, p.11). Les propriétés de la membrane du tubule T et le fonctionnement des ponts actine-myosine sont altérés avec la fatigue. Ainsi les fibres de Type II ont un risque de lésions plus élevé (Jones, 2005, p.96 et 138).

Le tissu conjonctif est en lien étroit avec le muscle. Il enveloppe et maintient les fibres musculaires par différentes gaines : épimysium, périmysium et endomysium. Il est aussi le point d'attache, par le tendon, entre le muscle et le squelette. D'après Stanish, les jonctions myo-tendineuses sont le siège de nombreuses lésions (Stanish, Rubinovich, Curwin, 1986). Il est important, selon lui, d'élaborer des exercices de prévention sollicitant le tissu conjonctif afin de diminuer les risques lésionnels musculaires.

3.3. Contraction excentrique

Le tissu musculaire est doté de propriétés spécifiques : l'excitabilité, la contractilité, l'extensibilité et l'élasticité (Marieb, 2010, p.286).

L'excitabilité est la capacité du muscle à percevoir un stimulus et à y répondre par l'envoi de potentiel d'action générant une contraction musculaire.

La contractilité est l'aptitude du muscle à réagir aux influx nerveux par la contraction de ses fibres. C'est la caractéristique la plus importante du tissu musculaire.

L'extensibilité correspond à la capacité de détente et d'étirement des fibres musculaires.

L'élasticité est l'inverse de l'extensibilité. On la définit comme étant la possibilité de rétraction des fibres musculaires. C'est donc la capacité du muscle à reprendre sa position de repos lorsqu'il est relâché.

Dans le cadre d'un exercice de renforcement, le mode de contraction choisi sollicite de manière préférentielle certains de ces paramètres. L'important pour le thérapeute est donc de sélectionner les modalités les plus adaptées à la situation clinique. On dénombre trois possibilités de renforcement : le travail concentrique, isométrique ou excentrique. Dans la littérature, le travail excentrique apparaît comme étant le plus pertinent et le plus efficace à utiliser d'un point de vue rééducatif et préventif (Croisier & Codine, 2009, p173). Le Nordic Hamstring étant également un exercice excentrique, nous avons décidé d'investiguer ce travail pour mieux comprendre les raisons qui amènent les auteurs à recommander ce mode de contraction et nous ne nous attarderons pas sur les autres types de contraction.

3.3.1. Définition du travail excentrique

La contraction excentrique est une contraction musculaire qui s'oppose à une résistance. Les insertions musculaires s'éloignent l'une de l'autre et le muscle s'allonge. L'action musculaire sur le segment mobilisé est contraire au sens habituel. Exemple : Lors d'un shoot au football, les ischio-jambiers, antagonistes du mouvement d'extension du genou, se contractent de manière réflexe pour permettre la décélération du geste en fin

de mouvement. On peut ici parler d'une action protectrice du muscle antagoniste et de l'articulation.

Le travail excentrique est défini par l'association d'une contraction et de l'étirement du complexe musculo-tendineux. Le muscle fait alors appel à deux des notions du tissu musculaire citées précédemment :

- la contractilité des cellules musculaires
- l'élasticité passive des structures musculaires

L'addition de ces deux composantes permet à la contraction excentrique de développer jusqu'à 40% de force supplémentaire par rapport à la contraction concentrique (Doss & Karpovich, 1965, p.351 ; Gasq et al., 2009, p.18). Il y a donc une différence d'efficacité.

3.3.2. Effets du travail excentrique

Le travail excentrique est avantageux dans plusieurs domaines par rapport aux autres types de contraction.

Comparativement au travail concentrique, le travail excentrique a la particularité d'intervenir sur l'élasticité de la fibre musculaire (Middleton, Puig, Trouvé & Savali, 2000). Cela provoque une sollicitation importante des sarcomères et du tissu conjonctif. Dans le cas d'un entraînement excentrique régulier et à intensité sous-maximale, la fibre musculaire se renforce sans pour autant se léser. Il en résulte une amélioration de la résistance à l'étirement du complexe myo-tendineux.

Suite à une lésion musculaire, un tissu cicatriciel se forme. Si aucun exercice n'est réalisé, le tissu s'organise de façon anarchique. Le travail musculaire excentrique permet de lutter contre cette anarchie en réorientant les fibres du tissu cicatriciel et en activant la maturation du collagène (Croisier & Codine, 2009, p.125 ; Middleton et al., 2000, p.13). Cette activation augmente les liaisons entre les fibrilles de collagène. On observe alors un remodelage du corps musculaire et une amélioration de sa résistance (Stanish et al., 1986).

Lors d'une inflammation post-lésionnelle, le flux sanguin est augmenté dans la zone lésée par l'apparition d'une néovascularisation. Pour Ohberg, cette néovascularisation joue un rôle important dans les tendinopathies en entraînant des douleurs chroniques (Ohberg & Alfredson, 2004). Une contraction excentrique du muscle provoque une compression temporaire de ces vaisseaux et empêche le développement de cette néovascularisation. Elle diminue donc l'augmentation du flux capillaire tendineux sans détérioration de la microcirculation locale et lutte ainsi contre l'inflammation.

Lors de la cicatrisation, le joueur perd confiance sur les performances de ses ischio-jambiers. Le moment de force maximum excentrique, qui se situe normalement en course externe, apparaît régulièrement en course moyenne. Il y a donc un déplacement de l'angle d'efficacité maximale (Croisier, Camus, Forthomme, Maquet, Vanderthommen & Crielaard, 2003, p.125). Après une rééducation excentrique, le patient réintègrera un bon schéma corporel. Il sera également observé un retour du moment de force maximum excentrique en course externe. Ceci est important pour la prévention, car une forte sollicitation en course externe est, le plus souvent, à l'origine des lésions des ischio-jambiers.

Ainsi, le travail excentrique est applicable dans la prévention primaire, secondaire et tertiaire pour ces différentes caractéristiques :

- Augmentation de la résistance myo-tendineuse
- Réorientation des fibres du tissu cicatriciel
- Lutte contre l'inflammation
- Déplacement de l'angle d'efficacité maximale

Il est à noter que l'excès d'exercices excentriques à faible ou forte intensité, s'accompagne régulièrement de douleurs musculaires (Croisier et al., 2003) communément appelées « courbatures ». On les désigne de manière plus exacte selon l'acronyme DOMS pour « Delayed Onset Muscle Soreness » (Apparition De Douleurs Retardées), que nous définissons dans le point suivant.

3.4. Apparition de douleurs retardées : DOMS

Les DOMS surviennent avec un délai approximatif de 24 heures après la fin de l'exercice. Le muscle devient alors douloureux à la palpation, à l'étirement et à la contraction. On note une perte de mobilité active associée à une diminution de force. Le pic de la symptomatologie est atteint 48 heures après l'effort. Les douleurs disparaissent spontanément dans les 5 à 7 jours qui suivent l'effort (Middleton et al., 2000).

A la suite d'exercices excentriques, des microlésions des tissus musculaires et conjonctifs font leur apparition. Le phénomène initial correspond à une mise sous tension mécanique excessive imposée de manière non-uniforme aux sarcomères des fibres sollicitées lors de la contraction excentrique, ce qui provoque diverses altérations de l'ultrastructure musculaire (Proske & Morgan, 2001, p.333) :

- Rupture du sarcolemme et des tubules T
- Désorganisation des composants contractiles des myofibrilles
- Lésions du cytosquelette et perturbations de la matrice extracellulaire

La sensibilité est d'abord plus prononcée à la jonction musculo-tendineuse (concentration élevée de nocicepteurs dans cette région) puis s'étend ensuite à l'ensemble du corps musculaire. Le délai entre la réalisation de l'exercice et l'apparition des sensations nociceptives suggèrent la participation complémentaire d'une réaction inflammatoire. L'apparition des DOMS repose sur l'activation des nocicepteurs musculaires par des médiateurs de l'inflammation tels que l'histamine, la sérotonine, le potassium, le calcium et les prostaglandines (Hody, Rogister, Leprince & Croisier, 2009, p.175). Ces sensations nociceptives s'accompagnent d'une altération réversible de la fonction musculaire.

D'après nos recherches, les fibres de Type II apparaissent plus sensibles à l'exercice excentrique. Lieber et Fridén émettent dès lors l'hypothèse que cette atteinte préférentielle serait la conséquence d'une capacité respiratoire oxydative moins développée que les fibres de Type I (Lieber & Fridén, 1999). Ainsi, les muscles ischio-jambiers (55% de fibres de type II) sont plus vulnérables aux effets lésionnels d'une contraction excentrique (Garrett et al., 1984, p.98).

3.5. Les lésions musculaires

Dans la pratique sportive, les déchirures musculaires sont courantes et les ischio-jambiers sont particulièrement sensibles à ce type de blessure (Garrett et al., 1984, p.98). C'est un des rôles du physiothérapeute de comprendre les raisons de ces lésions, de les détecter, et d'en identifier le niveau de gravité afin de prévenir les blessures ou de proposer une rééducation adaptée.

3.5.1. Mécanismes lésionnels des ischio-jambiers

Il existe de nombreux sports à risque pour les ischio-jambiers. Tous ont en commun l'exécution de gestes rapides, de grande amplitude, associant une flexion de hanche à une extension de genou. La lésion intervient d'autant plus facilement que la vitesse d'étirement est élevée (Roulland, 2003). On distingue ainsi plusieurs sports sujets à des déchirures tels que le football, le rugby, l'athlétisme, les sports de combat ou encore la danse (Croisier & Codine, 2009, p.125). Dans ces activités, combinant sprint et changement de direction, les ischio-jambiers sont souvent la cible privilégiée de blessures de part leur conformité bi-articulaire (Roulland, 2003).

Pour expliquer le mécanisme lésionnel, il faut comprendre que les ischio-jambiers par leur contraction excentrique vont avoir une action frénatrice permettant « d'amortir » le choc dû à la fin de course. Ce n'est pas l'arrêt de contraction du quadriceps qui va stopper le mouvement du segment jambier. Il existe en fait un phénomène de coactivation musculaire où le muscle agoniste au mouvement réalise une contraction concentrique et, dans le même temps, le muscle antagoniste effectue une contraction excentrique pour contrôler, freiner, puis arrêter le mouvement (Roulland, 2003).

L'étude de Croisier (2008) montre qu'une dysbalance dans le ratio de force ischio-jambiers / quadriceps augmente de manière significative le risque de lésion musculaire. De même qu'une insuffisance de force excentrique des ischio-jambiers apparaît également comme un des principaux facteurs de risque (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty & Ferret, 2008).

3.5.2. Classification des lésions musculaires

Ces échelles sont utiles pour acquérir une meilleure représentation et compréhension des études. Il en existe plusieurs types qui diffèrent selon leurs auteurs :

- La classification selon Jarvinen, qui identifie trois phases de lésions : de légère, modérée à sévère. Elle se base sur l'examen clinique du patient et sur les capacités fonctionnelles de ce dernier (Jarvinen et al., 2007).
- La classification selon Rodineau et Durey qui différencie les lésions en 5 stades suivant l'atteinte tissulaire du muscle (Annexes 1) (Rodineau & Durey, 1990).
- La classification mise au point par Chanussot et Danowski en 2005 qui différencie deux types de lésions musculaires (Danowski, Chanussot & Rodineau, 2005):
 - Celles aux causes extrinsèques, comme la contusion, l'hernie ou l'hématome qui sont dues à des chocs extérieurs (tacle au football, chute dans les escaliers...).
 - Celles aux causes intrinsèques, comme l'élongation ou la déchirure musculaire que l'on rencontrera notamment lors de la pratique sportive.

Cette dernière classification est la plus régulièrement utilisée pour déterminer les types de lésions chez les sportifs et les sédentaires. Elle nous apparaît importante à détailler, particulièrement la partie sur les causes intrinsèques avec lésions anatomiques, puisque notre travail est axé sur la pratique sportive.

Au sein des causes intrinsèques, deux catégories se distinguent :

- Celles sans lésion anatomique: les crampes, les courbatures et les contractures.
- Celles avec lésion anatomique: les élongations, les déchirures et les ruptures.
 - L'élongation musculaire est décrite comme le stade 1 et représente un dépassement des capacités élastiques du muscle. Ainsi lors de la sollicitation brutale et excessive de ce dernier, quelques myofibrilles se déchirent favorisant l'apparition d'une vive douleur, « coup de poignard », entraînant une gêne lors de la pratique sportive. Cette

douleur est relativement modérée, l'étirement passif étant douloureux sans que la mobilisation active du muscle ne le soit pour autant.

- La déchirure correspond au stade supérieur et se définit comme une lésion de plusieurs fibres, voire d'un faisceau musculaire entier. Le muscle étant trop endommagé, l'impotence fonctionnelle est définie comme totale. A la palpation, on retrouve une douleur locale importante avec des points exquis en regard de la lésion. L'étirement et la mobilisation active sont particulièrement douloureux alors que l'observation de la région peut laisser apparaître un hématome.
- La rupture est, quant à elle, le stade ultime décrit par Chansot et Danowski. Elle se caractérise par une déchirure complète du muscle. Le ballotement musculaire est alors inexistant, la contraction impossible et un hématome important se présente sur le trajet musculaire.

Il n'existe pas à ce jour de classification standardisée, chaque auteur utilise la plus appropriée pour son étude, ce qui ne facilite pas la communication interprofessionnelle. Dans le but de pallier à ces différences de langage, un ensemble de chercheurs ayant publié dans le domaine de la traumatologie du sport ont établi un consensus de manière à proposer une définition commune des blessures et de leur gravité chez les sportifs. L'intérêt est de pouvoir interpréter et comparer les résultats d'une étude à l'autre (Fuller et al., 2005).

Depuis 2005 (date du consensus), l'ensemble des articles publiés utilise donc cette définition :

« Une blessure est définie comme l'ensemble des plaintes corporelles d'un joueur consécutivement à un match ou un entraînement, indépendamment de la nécessité de soins médicaux ou d'indisponibilité sur le terrain. Une blessure qui nécessiterait l'apport de soins médicaux est appelée blessure "avec intervention médicale". Une blessure qui empêcherait le joueur de s'investir pleinement dans un entraînement ou un match est appelée blessure "avec temps d'indisponibilité" (Fuller et al., 2005, traduction libre).»

3.5.3. Diagnostic et examens complémentaires

Pour diagnostiquer et évaluer une blessure chez le sportif, il existe plusieurs méthodes :

L'examen clinique incluant l'observation, la palpation, l'étirement, la mobilisation et la quantification de la douleur reste une détection simple, peu onéreuse et relativement efficace. Elle permet de différencier les lésions légères, des moyennes et sévères (Exemple : Classification selon Chanussot et Danowski). En pratique, c'est généralement le moyen le plus rapide et le plus couramment utilisé.

Pour compléter cet examen, l'imagerie par ultrason (US) est généralement prescrite sur la zone lésionnelle dans les jours qui suivent. Bien qu'efficace pour repérer une lésion, elle ne permet pas d'obtenir de précisions concernant la gravité. Cette technique est cependant assez répandue dans la pratique de par son faible coût.

L'Imagerie par Résonnance Magnétique (IRM) est la plus fiable. L'évaluation de la gravité et du temps d'indisponibilité du joueur peut être connue (Connell et al., 2004). Cependant son coût et sa disponibilité restent un frein à son utilisation étendue.

La mesure du taux de Créatine Kinase (CK) est une méthode invasive. Suite à la blessure, le muscle secrète de la CK. Une élévation du taux sanguin de cette protéine est donc en relation avec une lésion musculaire. Cependant, une concentration élevée de CK ne permet pas d'établir la gravité de la lésion.

3.5.4. Facteurs de risque

La lecture de différents articles montre que de nombreux facteurs influent sur les risques lésionnels des ischio-jambiers, ces derniers peuvent se regrouper en quatre catégories distinctes :

- Les facteurs de causes externes : ils répertorient l'ensemble des facteurs environnementaux tels que la qualité du terrain (sol dur), le climat (froid important ou humidité), les chocs et traumatismes externes (coup de crampons, tacles...).
- Les facteurs personnels : un des facteurs les plus importants demeure les antécédents d'une première lésion (Orchard, 2001). L'âge semble également jouer un rôle, tout comme la qualité de rééducation / récupération des blessures passées.
- Les facteurs physiologiques : une prédisposition importante des fibres musculaires de type II (Garret et al., 1984), une faiblesse musculaire des ischio-jambiers (Agre & James, 1985), une dysbalance dans le ratio de force ischio-jambiers / quadriceps (Croisier, 2008). La fatigue musculaire semble être étroitement liée à l'incidence des blessures sportives (Woods Hawkins, Hulse & Hodson, 2002). L'hypo-extensibilité musculaire est un facteur de risque encore très controversé dans la littérature (Drezner, 2003).
- Les facteurs comportementaux : la qualité et la régularité de l'entraînement, de l'échauffement, le stress, la fatigue, les apports nutritionnels.

Ces facteurs de risques lésionnels sont nombreux et peu souvent mis en évidence dans la littérature. Certaines méthodes de prévention, comme l'efficacité des étirements, restent source de discussion. Finalement, pour optimiser la préparation des sportifs, l'objectif est d'identifier les personnes à haut risque lésionnel et d'écarter un maximum de facteurs de risque. Par prévention, un test isocinétique est recommandé en début de saison pour identifier un déséquilibre de force. La correction de ces anomalies permet une réduction significative du risque lésionnel (Croisier et al., 2008). Durant la saison, le physiothérapeute peut proposer différents types d'exercices de renforcement afin de rectifier ces déficits.

3.6. Différentes méthodes de travail en excentrique

La contraction excentrique est un mode de sollicitation du complexe musculo-tendineux qui peut être obtenu par différentes méthodes (Julia & Hérisson, 2009, p.45). Dans le cadre d'un travail dynamique, plusieurs types de contraction musculaire sont réalisables :

- la sollicitation auxotonique
- la sollicitation isotonique
- la sollicitation isocinétique

3.6.1. Travail auxotonique

Le travail auxotonique se définit comme une contraction dynamique où la longueur et la tension du muscle évoluent en même temps. Cette action peut être obtenue par le poids du corps, par des appareils de musculation ou tout simplement par la force manuelle du physiothérapeute. En effet, en raison du changement continu de l'angle articulaire et de la vitesse au cours du mouvement, le muscle va se contracter soit en augmentant soit en diminuant sa tension (Klavora, 2006). Ainsi, la résistance fournie évolue au fur et à mesure du mouvement. L'exemple le plus flagrant reste l'utilisation de bandes élastiques. Ces dernières permettent, de manière plus visible, d'augmenter la résistance au cours du mouvement. Selon la tension de l'élastique et la vitesse de mouvement demandée, nous aurons donc une influence différente sur la difficulté de l'exercice.

3.6.2. Travail isotonique

Dans le contexte de l'entraînement de la force et dans la littérature des sciences de l'exercice, le mot isotonique est souvent utilisé pour signifier une contraction musculaire auxotonique (Klavora, 2006). En réalité, ce type de travail est exceptionnel car il nécessite une variation de longueur du muscle sans modification de sa tension. Ce phénomène ne sera que très rarement observable dans la pratique du fait des bras de leviers articulaires et de la gravité.

3.6.3. Travail isocinétique

Les appareils isocinétiques avec un mode excentrique permettent de travailler à vitesse constante et d'effectuer des tests précis. Ces appareils électroniques fournissent aux thérapeutes de nombreuses mesures quantitatives et reproductibles (moment de force maximale, rapport ischio-jambiers/quadriceps, angle de force maximale...). On peut alors, suite aux tests, choisir les paramètres à travailler chez un sujet en modifiant la vitesse d'exécution du mouvement. L'entraînement à vitesse lente permettra d'observer un développement de force maximum alors que la vitesse rapide entraînera la force explosive (Julia & Hérisson, 2009, p.45). On note toutefois que ces appareils restent très volumineux, très chers et non transportables. De plus, ils ne reproduisent pas les vitesses angulaires des pratiques sportives (vitesse angulaire maximum de 500°/s alors qu'un service de tennis par exemple s'effectue à 3600°/s).

Nous venons de faire un point sur les différentes méthodes de renforcement excentrique. Dans le cadre de notre travail, le Nordic Hamstring décrit ci-dessous représente un mode de contraction auxotonique et excentrique puisqu'il utilise le poids du corps contre la gravité. La charge et la tension vont donc varier et augmenter lors du mouvement par un effet de bras de levier au niveau du genou. Les points d'insertions musculaires, quant à eux, vont s'écarter.

3.7. Le Nordic Hamstring

Nous avons choisi le Nordic Hamstring pour sa facilité de réalisation. Il ne nécessite aucun appareil électrique ou mécanique et peut être réalisé en cabinet comme sur les terrains de sports. De plus, les sujets peuvent rapidement devenir autonomes dans la pratique de cet exercice afin de l'intégrer dans leur préparation physique. Nous avons choisi le programme de Mjølnes pour l'exécution du Nordic Hamstring car il sollicite le muscle de façon optimale et n'a montré aucun effet délétère lors de sa réalisation (Mjølnes et al., 2004).

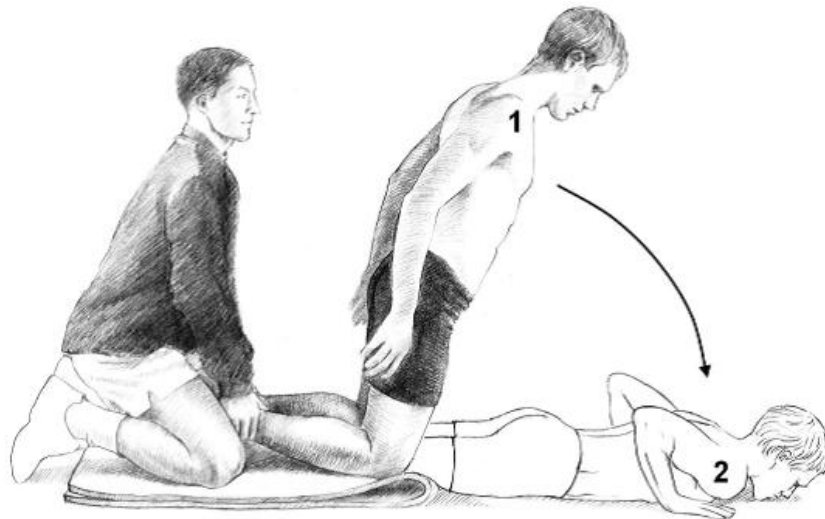


Figure 1 : Le Nordic Hamstring (Mjølnes et al., 2004)

3.7.1. Description de l'exercice

Le sujet se positionne sur les genoux écartés de la largeur des hanches, croise les bras sur la poitrine avec le dos bien droit (un coussin ou tapis doit être positionné sous les genoux pour éviter les douleurs). Le thérapeute se place derrière, et met ses mains sur les mollets juste au dessus des chevilles et les maintient au sol. Le patient se laisse tomber vers l'avant en freinant et contrôlant la descente le plus longtemps possible, quant il ne peut plus tenir la position, il se laisse tomber sur les mains. Le travail excentrique se fait lors de la descente vers le sol, il faut donc retenir le mouvement. Le retour se fait passivement à l'aide des bras (Rodas et al., 2009).

3.7.2. Points importants

Les chevilles sont fermement maintenues au sol par le partenaire ou le thérapeute pour éviter toute bascule vers l'avant.

La tête, le haut du corps, les hanches et les cuisses doivent former une ligne droite afin de ne pas influencer le travail des ischio-jambiers qui, rappelons le, sont bi-articulaires.

Il ne faut ni relever la tête en arrière, ni plier les hanches, pour ne pas entraîner des compensations lors de la réalisation de l'exercice.

Le mouvement est réalisé uniquement au niveau des articulations des genoux, il est important de l'exécuter lentement pour commencer, puis on peut l'accélérer une fois le contrôle musculaire amélioré.

3.7.3. Protocole de renforcement selon Mjølnes

Le protocole de renforcement correspond à 3 séries comprenant (Mjølnes et al., 2004) :

- 12 répétitions pour la première
- 10 répétitions pour la deuxième
- 8 répétitions pour la troisième

À raison de 2 à 3 fois par semaine pendant la pré-saison et de 1 fois par semaine pendant tout le reste de la saison. Il est conseillé d'effectuer l'exercice sous forme de progression afin de prévenir les conséquences néfastes des DOMS lors des premières séances (Croisier et al., 2008).

4. Méthodologie

Pour répondre au mieux à notre question de recherche, nous avons établi au préalable des critères méthodologiques afin d'être le plus rigoureux possible dans notre recherche d'articles. Nous allons d'abord énoncer nos critères d'inclusion et d'exclusion, puis expliquer la stratégie de recherche utilisée dans les bases de données, et enfin, détailler nos recherches par base de données afin d'explicitier l'obtention des articles retenus.

4.1. Critères d'inclusion

Nous avons choisi une population de sportifs amateurs et/ou professionnels car les lésions des ischio-jambiers sont présentes indépendamment du niveau sportif des athlètes (Lefèvre & Thiery, 2011). Nous n'avons pas sélectionné de sport particulier car nous voulons que la prévention des lésions des ischio-jambiers puisse s'adapter à toutes les personnes. Cependant, il est clair qu'il existe des sports à plus haut risque lésionnel tel que le football, le rugby, l'athlétisme, les sports de combat ou encore la danse

(Croisier & Codine, 2009, p.125). Pour le sexe de notre population, nous avons décidé de n'inclure que des hommes. Il nous paraît important de pouvoir homogénéiser notre population pour pouvoir la comparer inter-sports. De plus, le sport masculin est souvent bien plus décrit dans la littérature que le sport féminin. Il existe un plus grand nombre d'études sur les hommes que sur les femmes.

L'intervention des études doit concerner le renforcement excentrique des ischio-jambiers par le Nordic Hamstring selon le protocole de Mjølnes. Nous avons choisi ce protocole pour exclure tout article dont le renforcement excentrique était trop soutenu. Effectivement, il est prouvé qu'un renforcement excessif devient délétère pour la santé des joueurs.

En comparaison au Nordic Hamstring, nous avons choisi des critères tels que les étirements et/ou un entraînement standard. Les recherches portant sur une population de sportifs évoluant en compétition, nous restons conscient qu'il est difficile voir impossible de n'avoir aucune intervention dans le groupe contrôle.

Le Nordic Hamstring doit être réalisé afin de prévenir les lésions musculaires. Nous avons donc choisi l'incidence des lésions des ischio-jambiers comme outcome. Ce dernier peut être exprimé de manière différente selon les articles.

4.2. Critères d'exclusion

Nous avons exclu les articles concernant la quantification du renforcement des ischio-jambiers par le Nordic Hamstring. Nous ne recherchons pas l'amélioration de la force par le Nordic Hamstring mais son effet sur la prévention des lésions. Comme dit précédemment, seul le protocole de Mjølnes est pris en compte, tout autre protocole est donc exclu.

Les études de cas ont été écartées à cause de leur faible niveau de preuve.

Dans un souci de compréhension, les articles écrits dans une autre langue que le français ou l'anglais ont été exclus.

4.3. Equation booléenne et mots clés

Pour commencer nos recherches, nous avons décidé d'élaborer une équation booléenne reprenant tous les critères d'inclusion et d'exclusion classés dans les termes du PICO :

Population: (sport man OR amateur OR professional)

AND

Intervention: (nordic hamstring OR eccentric exercise OR nordic strengthening OR eccentric strengthening OR specific eccentric exercise Or eccentric training OR nordic hamstring exercise)

AND

Comparaison: (stretching OR standard intervention)

AND

Outcome: (prevention OR injuries OR hamstring injuries OR incidence)

Cette équation de recherche étant très précise, nous avons voulu étendre notre recherche afin d'être le plus exhaustif possible. Nous avons donc associé différents mots clés en lien avec la prévention et le travail en excentrique :

(prevention OR incidence)

AND

(eccentric exercise OR nordic hamstring OR eccentric strengthening)

Nous avons fait de même avec les différents noms du Nordic Hamstring et ses spécificités:

(nordic hamstring OR nordic hamstring strengthening OR nordic hamstring exercise)

AND

(hamstring injuries OR specific eccentric exercise OR eccentric training)

4.4. Stratégie de recherche

Pour répondre à notre question, nous avons recherché des articles dans les bases de données suivantes : Medline, Cochrane library, PEDro, Web of Science et Kinédoc. Toutes ces bases de données comprennent des études quantitatives du domaine médical et/ou de la recherche. Nous avons aussi utilisé Google Scholar pour la recherche des articles en entier (Full Text).

Nous avons recherché, lu et évalué la pertinence des articles de façon indépendante afin de ne pas influencer nos avis. A chaque étape, représentée par les titres, les résumés et les études, nous nous sommes concertés pour mettre en commun nos sélections. Lors d'un désaccord ou d'un article litigieux, nous avons décidé de le garder pour approfondir notre jugement sur sa pertinence.

Les titres doivent traiter des lésions des ischio-jambiers. En plus de la topographie musculaire, les notions de prévention/incidence ou de renforcement excentrique doivent être indiquées.

Les résumés doivent évoquer le Nordic Hamstring dans la prévention des lésions et non dans un but de renforcement des ischio-jambiers.

Les articles doivent intégrer nos critères d'inclusion et d'exclusion cités précédemment.

4.5. Application de la stratégie de recherche

Nous allons détailler, pour chaque base de données, la recherche effectuée. Un récapitulatif des différents résultats obtenus est détaillé dans la figure 2 page 24.

Medline

La dernière recherche avec Medline (via son moteur de recherche Pubmed) a été effectuée le 6 juin 2012.

Nous avons commencé notre recherche par l'équation booléenne établie. Ceci nous a permis d'obtenir 7 articles. Nous avons effectué la lecture des 7 titres afin de faire une

première sélection. Nous en avons retenu 3 articles. Après la lecture des résumés et d'une nouvelle mise en commun, aucun article n'a été exclu. Enfin, la lecture complète des articles nous a permis d'en retenir 2. L'article exclu n'utilise pas le protocole du Nordic Hamstring selon Mjølnes.

Nous avons élargi notre recherche avec les différents mots clés. Nous avons obtenu 157 articles. Suite à cette recherche, nous avons lu les titres séparément, ce qui, après discussion et mise en commun, nous a permis d'exclure 145 articles. Ensuite nous avons lu individuellement les résumés des 12 articles restants, 5 articles de plus ont été exclus après cette étape. Sur les 7 articles restants, les 3 articles lus en entier lors de la recherche précédente ont été sélectionnés (2 retenus et 1 exclu). Nous les avons donc mis de côté pour en éviter la relecture. La lecture des 4 études restantes a permis de sélectionner 1 article supplémentaire. Les 3 autres n'évaluent pas la prévention, mais l'augmentation de force des ischio-jambiers par le Nordic Hamstring.

A l'aide de la base de données Medline, nous avons donc sélectionné 3 articles.

PEDro

La dernière recherche avec PEDro a été effectuée le 6 juin 2012.

Nous avons réalisé la recherche avec l'équation booléenne et celle des mots clés. Nous avons obtenu 15 résultats (redondances exclues). Après la lecture des 15 titres, 7 articles ont été sélectionnés. La lecture des résumés a permis d'en écarter 3. Les 4 études restantes ont donc été lues et 1 article n'a pas été retenu à cause d'un protocole différent du Nordic Hamstring.

Sur la base de données PEDro, nous avons donc 3 articles correspondant à nos critères de recherche.

Cochrane library

La dernière recherche avec Cochrane library a été effectuée le 6 juin 2012.

Les recherches avec l'équation booléenne et les mots clés ont été exécutées. Sur les 25 articles trouvés, 9 ont été retenus après la lecture des titres, et 3 après celle des résumés.

La lecture complète des articles a permis d'en garder 1 seul. Le deuxième n'a pas le bon protocole et le troisième ne parle pas de Nordic Hamstring.

Ainsi 1 article a été sélectionné sur la base de données Cochrane library.

Web of Science

La dernière recherche avec Web of Science a été effectuée le 6 juin 2012.

Les recherches avec l'équation booléenne et les mots clés ont aussi été réalisées. Seulement 6 études ont été gardées sur les 47 après la lecture des titres. La lecture des résumés a permis d'en rejeter 4, et sur les 2 restants, l'un ne parle pas du Nordic Hamstring.

Dans la base de données Web of Science 1 article sur la prévention des lésions des ischio-jambiers par le Nordic Hamstring a donc été retenu.

Kinédoc

La dernière recherche avec Kinédoc a été effectuée le 6 juin 2012.

Cette base de données est en français, nous avons procédé de la même manière mais avec des mots clés français. Cela nous donne :

(nordic hamstring OU travail excentrique OU exercice excentrique OU renforcement excentrique) ET (prévention OU incidence) ET (sportif OU athlète)

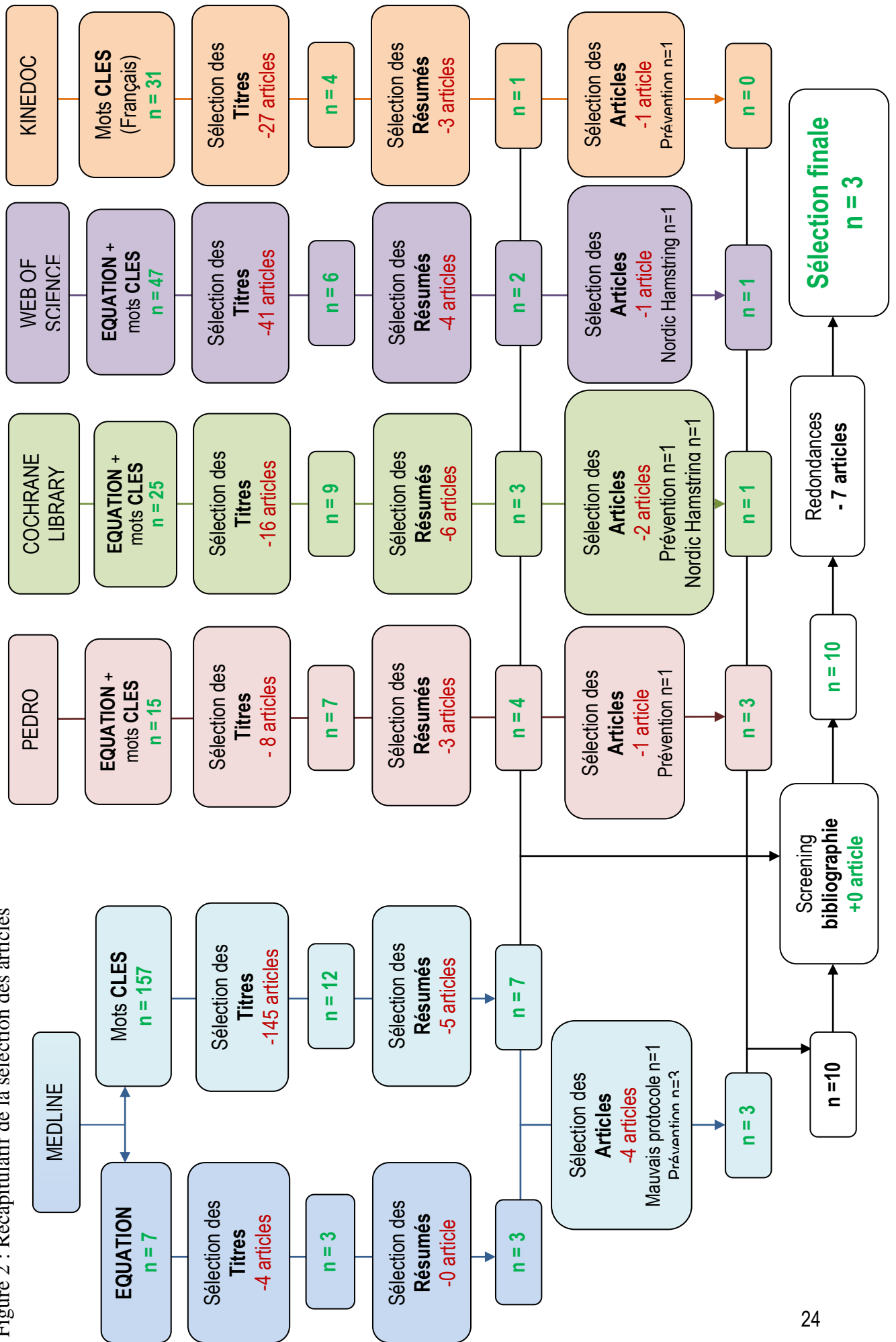
Le pluriel de chaque mot clé est pris en compte automatiquement. Cette recherche nous a permis d'obtenir 31 articles. 4 ont été retenus après la lecture des titres et 1 seul après celle des résumés. La prévention n'est pas présente dans cette dernière étude.

Aucun article n'a été retenu dans la base de données Kinédoc.

Screening des bibliographies

Nous avons examiné, sur toutes les études sélectionnées après la lecture des résumés, les références bibliographiques de chacune afin de repérer un nouvel article. Ceci n'a pas abouti pour retenir d'autres articles.

Figure 2 : Récapitulatif de la sélection des articles



4.6. Evaluation de la qualité des articles

L'évaluation de la qualité des articles est un élément important à prendre en compte dans l'analyse de nos résultats. En effet, elle nous permettra de les pondérer et de les mettre en avant selon leur score de qualité.

Nous avons analysé les deux cohortes avec l'échelle Methodological Index for Non-Randomised Studies (MINORS) validée en 2003 (Slim et al., 2003). Pour la RCT, nous avons utilisé l'échelle Physiotherapy Evidence Database (PEDro) également validée (Maher et al., 2003). Nous avons hésité à utiliser une échelle pouvant regrouper les études non-randomisées et randomisées, tel que la Quality Assessment Tool for Quantitative Studies (QATQS), mais son évaluation nous paraissait moins spécifique au type d'étude.

Pour nous mettre d'accord sur les items de chaque échelle, nous avons réalisé ensemble une évaluation fictive d'une cohorte (MINORS) et d'une RCT (PEDro). Nous avons élaboré individuellement l'évaluation de nos articles. Puis une mise en commun a été effectuée. Toute discordance a été discutée jusqu'à obtenir un accord des deux parties.

Nos études non-randomisées possédant un groupe contrôle, nous avons pu utiliser les 12 items de l'échelle MINORS (Annexe 2). En effet, les quatre derniers évaluent les critères de comparaison des groupes. Les critères qui nous paraissent les plus importants ont un objectif précis, un protocole clair, un outcome approprié et mesurable, et des groupes homogènes. Ceci nous permettra d'évaluer les biais de nos études et de pondérer leur conclusion.

Pour l'échelle PEDro (Annexe 3), trois items ne peuvent pas être remplis par notre RCT. Il s'agit des items 5, 6 et 7 qui concernent l'aveuglement des sujets, des thérapeutes et des évaluateurs. En effet, les sujets et le staff médical ne peuvent pas être aveuglés sur la réalisation d'un exercice et les données sur les lésions sont relevées aussi par le staff médical. Le premier item de l'échelle PEDro concerne l'évaluation de la validité externe de l'étude. Il ne fait donc pas partie de l'évaluation de la qualité de l'article. Nous l'avons donc exclu. Ainsi, la note maximale de l'évaluation est de 7/10.

4.7. Niveau de preuve des articles

Pour hiérarchiser le niveau de preuve de nos études, nous avons pris en compte le tableau d'évidence des études du National Health and Medical Research Conseil (NHMRC). Ce tableau d'évidence, approuvé en 2009, nous a permis d'évaluer nos études et de les classer selon leur pertinence (Annexe 4).

4.8. Modalités d'extraction et de traitement des informations

Pour répondre à notre question de recherche, nous avons élaboré un tableau d'extraction de données, dans lequel nous avons indiqué les objectifs de l'étude, l'intervention, les méthodologies, les populations étudiées, les outcomes, le follow up, les résultats et les biais dans chacun de nos articles (Annexe 5, 6 et 7). Nous avons donc extrait toutes les données pertinentes des études pour mieux les analyser.

Le tableau d'extraction de données nous a permis d'avoir du recul sur nos articles afin de mieux comparer nos résultats. Le niveau d'évidence des articles n'étant pas le même, nous avons pu pondérer certains résultats. Nous sommes restés le plus neutre possible afin d'éviter tout biais.

5. Résultats

5.1. Résultats de la stratégie de recherche

Suite à nos recherches sur les bases de données, nous avons retenu trois articles qui correspondent à nos critères de sélection : deux cohortes (Brooks, Fuller, Kemp & Reddin, 2006 ; Arnason, Andersen, Holme, Engebretsen & Bahr, 2008) et une étude randomisée contrôlée (Petersen, Thorborg, Bachmann Nielsen, Budtz-Jørgensen & Hölmich, 2011).

5.2. Evaluation de la qualité

Dans cette revue de la littérature, plusieurs designs d'articles ont été retenus. Afin d'en évaluer la qualité, nous avons utilisé deux échelles : MINORS pour les deux cohortes et PEDro pour la RCT.

Nous avons répertorié ces évaluations dans deux tableaux récapitulatifs et nous avons détaillé certains items. Ce qui nous a permis d'attribuer une note à chaque article.

Évaluation de la qualité des études de Brooks et al. (2006) et Arnason et al. (2008) par l'échelle MINORS.

Tableau 1
Récapitulatif des études évaluées par l'échelle MINORS

	Brooks et al., (2006)	Arnason et al., (2008)
1. A clearly stated aim	2	2
2. Inclusion of consecutive patients	1	0
3. Prospective collection of data	2	2
4. Endpoints appropriate to the aim of the study	1	1
5. Unbiased assessment of the study endpoints	0	1
6. Follow-up appropriate to the aim of the study	2	2
7. Loss to follow-up less than 5%	0	0
8. Prospective calculation of the study size	1	2
9. An adequate control group	2	1
10. Contemporary groups	2	1
11. Baseline equivalence of groups	2	2
12. Adequate statistical analyses	1	2
Total score	16/24	16/24

0 = not reported 1 = reported but inadequate 2 = reported and adequate

L'étude de Brooks et al. (2006) (tableau 1), obtient la note de 16/24 suite à la non participation inexpliquée d'une équipe de 1^{ère} league. Il n'y a pas non plus d'aveuglement des joueurs ou du staff médical et les drop out n'ont pas été explicités

(équipes rétrogradées en 2^{ème} ligue et montée d'équipes en 1^{ère} ligue). D'un point de vue statistique, les intervalles de confiance sont présents, mais pas les risques relatifs.

L'étude d'Arnason et al. (2008) obtient également la note de 16/24 (tableau 1) car elle souffre de certains manques d'informations : il n'y a pas le nombre exact de sujets ayant pris part à l'étude, le nombre de sujets arrivés ou partis pour des raisons professionnelles (promotion / relégation, retraite, transfert) n'est pas indiqué. Les auteurs ne présentent pas non plus de données concernant les caractéristiques personnelles des joueurs (âge, poids, antécédents de lésions).

Évaluation de la qualité des études de Petersen et al. (2011) par l'échelle PEDro.

Tableau 2
Récapitulatif de l'étude évaluée par l'échelle PEDro

	Petersen et al., (2011)
1. Eligibility criteria were specified	
2. Subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received)	1
3. Allocation was concealed	1
4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	1
5. There was blinding of all subjects	0
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	0
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	0
8. Measures of at least one key outcome measures were available received	1
9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	1
10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	1
11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	1
Total score	7/10

0 = non présent 1 = présent

L'étude de Petersen et al. (2011) obtient la note de 7/10 sur la PEDro Scale (tableau 2). Les trois critères qui n'ont pas été validés concernent l'aveuglement. C'est un des principaux problèmes des études comprenant un exercice actif versus une préparation standard.

L'aveuglement des thérapeutes est difficile, voire impossible pour les équipes de haut-niveau. Le staff médical, composé de physiothérapeutes, d'ostéopathes et de médecins, est responsable de la santé des joueurs et à ce titre doit être informé de toutes les interventions. L'échantillon d'équipes choisies étant important, l'examineur qui constate la blessure doit également être un membre du staff. Les autres items sont cependant bien remplis par cette RCT qui montre donc une bonne qualité scientifique (tableau 2).

5.3. Niveau de preuve des études

Les études utilisées dans notre travail (une RCT et deux cohortes) représentent des niveaux de preuves différents. La RCT de Petersen et al. (2011), est la 1^{ère} publiée sur ce sujet et possède un niveau de preuves de II sur le tableau d'évidence NHMRC que nous avons sélectionné précédemment. Les cohortes (Brooks et al., 2006 ; Arnason et al., 2008) sont sur un niveau de preuves III-2, inférieur à la RCT.

5.4. Résultats des études

Pour expliquer les résultats des études, nous avons réalisé, pour chaque article, des tableaux récapitulatifs incluant le type de l'étude, le niveau de preuves, les outcomes, la population, les groupes, les interventions et les résultats.

Brooks et al., 2006: Incidence, risk and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union.

Cette étude a été réalisée au sein de la 1^{ère} ligue de rugby anglaise. Elle comprend trois groupes différents. Chaque groupe effectue des exercices de renforcement concentriques et excentriques standards. En plus, les 2^{ème} et 3^{ème} groupes réalisent des étirements des

ischio-jambiers auxquels s'ajoutent, pour le 3^{ème} groupe, le protocole du Nordic Hamstring (tableau 3).

L'incidence des lésions est indiquée selon le nombre de lésions par mille heures de pratique sportive. Quant à la sévérité des lésions, elle est exprimée par jours d'indisponibilité du joueur à effectuer un entraînement ou un match complet.

Tableau 3
Résumé de l'étude de Brooks et al., 2006

Type d'étude	Cohorte
Niveau de preuves	III-2
Outcomes	Incidence : nombre de lésions/1000h de pratique sportive Sévérité : nombre de jours d'indisponibilité du joueur aux matchs et entraînements
Population	1 ^{er} ligue masculine de rugby d'Angleterre
Groupes	1 ^{er} groupe : n=148 joueurs Exercices concentriques et excentriques normaux 2 ^{ème} groupe : n=144 joueurs Exercices concentriques et excentriques normaux + étirements statiques 3 ^{ème} groupe : n=200 joueurs Exercices concentriques et excentriques normaux + étirements statiques + Nordic Hamstring
Interventions	1 ^{er} groupe : renforcement 1,2 fois / semaine de 3,6 séries de 8,2 répétitions. 2 ^{ème} groupe : renforcement 1,8 fois / semaine de 3,3 séries de 7,5 répétitions + étirements 2,6 fois / semaine de 2,8 séries de 25 secondes. 3 ^{ème} groupe : renforcement 1,3 fois / semaine de 3 séries de 7,5 répétitions + étirements 1,8 fois / semaine de 2,6 séries de 28 secondes + Nordic Hamstring selon le protocole de Mjølnes.
Résultats	Incidence des lésions aux ischio-jambiers en nombre de lésions/1000h de pratique sportive: 1 ^{er} groupe : 1.1 (CI : 0.74-1.4) 2 ^{ème} groupe : 0.59 (CI : 0.34-0.84) 3 ^{ème} groupe : 0.39 (CI : 0.25-0.54) Pas de différence significative entre les trois groupes (p=NC) Différence significative entre le 1 ^{er} groupe et le 3 ^{ème} groupe (p=NC) Sévérité des lésions par jours manqués d'entraînements et de matchs : 1 ^{er} groupe : 17 (CI : 13-23) 2 ^{ème} groupe : 21 (CI : 12-30) 3 ^{ème} groupe : 14 (CI : 9-19) Pas de différence significative entre les groupes (p=NC) mais une diminution de la sévérité pour le 3 ^{ème} groupe.

CI= Intervalle de Confiance
NC = Non Communiqué

Le 1^{er} groupe de 148 joueurs a une incidence des lésions aux ischio-jambiers de 1,1/1000h, avec un intervalle de confiance à 95% de 0,74-1,4. Le 2^{ème} groupe composé de 144 joueurs (différents du 1^{er} groupe par l'intervention d'étirements) a une incidence lésionnelle de 0,59/1000h, et un intervalle de confiance à 95% de 0,34-0,84. Quant au 3^{ème} groupe de 200 joueurs (seul à réaliser Nordic Hamstring + étirements), son incidence est de 0,39/1000h avec un intervalle de confiance à 95% de 0,25-0,54.

Il n'y a pas de différence significative entre les trois groupes pour l'incidence des lésions aux ischio-jambiers (p= Non Communiqué (NC)). Cependant, les auteurs parlent d'une différence significative de l'incidence lors de la comparaison du 1^{er} groupe et du 3^{ème} groupe (p= NC).

Concernant la sévérité des lésions, le 2^{ème} groupe indique une moyenne de 21 jours d'absence par lésion avec un intervalle de confiance de 95% à 12-30. Le 1^{er} groupe présente quant à lui 17 jours d'absence par lésion avec un intervalle de confiance de 13-23 et le 3^{ème} groupe 14 jours d'absence par lésion avec un intervalle de confiance de 9-19. Les auteurs révèlent qu'il n'y a aucune différence significative entre les groupes (p=NC) mais qu'il existe une tendance à la diminution de la sévérité pour le 3^{ème} groupe qui a réalisé le Nordic Hamstring, comparé aux deux autres groupes.

Arnason et al., 2008: Prévention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study.

Cette étude, réalisée dans la 1^{ère} ligue de football d'Islande et de Norvège, elle comprend trois groupes différents. Le troisième groupe ne sera pas détaillé ici car il n'évalue pas le Nordic Hamstring.

Le premier groupe réalise deux étirements différents le « Warm up » et le « Flexibility » en plus du Nordic Hamstring, le second uniquement l'étirement « warm up » et le Nordic Hamstring (tableau 4 : interventions). En plus, chaque groupe possède un groupe contrôle réalisant un entraînement standard, mais aucune autre information n'est apportée sur ces groupes contrôles.

Pour obtenir des résultats sur l'incidence des lésions, les auteurs prennent en compte le nombre de lésions pour mille heures de pratique sportive (entraînements et matchs confondus). La sévérité est obtenue en comptant les jours d'indisponibilité des joueurs. La lésion est considérée comme mineure lorsque le temps d'absence est inférieur à 7 jours, modérée si il est compris entre 8 et 21 jours, et sévère quand le temps d'absence est supérieur à 21 jours.

Les huit équipes islandaises formant le groupe 1 et exerçant le programme complet (les deux étirements et le Nordic Hamstring) ont toutes arrêté l'étude avant la fin de la saison. Aucun résultat n'en est extrait.

Tableau 4
Résumé de l'étude de Arnason et al., 2008

Type d'étude	Cohorte
Niveau de preuve	III-2
Outcomes	Incidence : Nombre de lésions/1000h de pratique sportive Sévérité selon le nombre de temps d'indisponibilité (≤ 7 jours = mineure ; 8-21 jours = modérée ; >21 jours = sévère)
Population	1 ^{er} ligue masculine de football d'Islande et de Norvège (professionnel)
Groupes	1 ^{er} groupe : 8 équipes islandaises (2001) + groupe contrôle warm up stretching + flexibility training + eccentric strength training 2 ^{ème} groupe : 11 équipes (5 islandaises et 6 norvégiennes) (2002) + groupe contrôle Warm up stretching + eccentric strength training
Interventions	Warm up stretching : étirements des ischio-jambiers autonomie en utilisant le contracté-relâché (10s/20s). Trois fois chaque jambe avant les entraînements et matchs. Flexibility training : étirements des ischio-jambiers à deux, en utilisant le contracté-relâché (10s/45s). Trois fois chaque jambe après les entraînements et matchs. Eccentric strength training : Nordic Hamstring selon le protocole de Mjølnes.
Résultats	Effet of eccentric strength training : Différence significative de l'incidence des lésions entre groupe intervention vs contrôle. (0.22 ± 0.06 vs 0.62 ± 0.05 , RR : 0.35, CI 0.19-0.62, $p < 0.001$) Différence significative de l'incidence des lésions entre groupe intervention vs baseline. ($p = 0.009$) Le Nordic Hamstring diminue de 65% l'incidence des lésions Sévérité : Pas de différence significative entre le groupe intervention et le groupe contrôle. (27% mineure, 64% modérée, 9% sévère vs 36% mineur, 50% modéré, 14% sévère ; $p = 0.88$)

RR = Risque Relatif
CI = Intervalle de Confiance

Le groupe 2 est composé de 5 équipes islandaises et de 6 norvégiennes. L'incidence des lésions aux ischio-jambiers durant la saison 2002 est de 0,22/1000h (écart type \pm 0,06). Le groupe contrôle est composé de 5 équipes islandaises et de 8 équipes norvégiennes. Il a une incidence de 0,62/1000h (écart type \pm 0,05) pour la même saison. La différence de l'incidence entre le groupe 2 et le groupe contrôle est significative ($p < 0,001$). Le risque relatif est de 0,35 avec un intervalle de confiance à 95% de 0,19-0,62. De plus, le groupe 2 montre également une différence significative de l'incidence lorsqu'on le compare à la baseline réalisée les deux années précédentes en Islande et en Norvège ($p = 0,009$). Il en résulte donc que le Nordic Hamstring diminue de 65% l'incidence des lésions aux ischio-jambiers.

Pour la sévérité des lésions, le groupe 2 présente 27% de lésions mineures, 64 % de modérées et 9% de sévères alors que son groupe contrôle obtient 36% de lésions mineures, 50% de modérées, 14% de sévères. Il n'y a donc pas de différence significative inter groupe ($p = 0,88$).

Petersen et al., 2011: Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial.

Cette étude randomisée a été réalisée sur des joueurs de football danois professionnels et amateurs. Elle comprend deux groupes différents, l'un contrôle, de 461 joueurs, exécutant un programme d'entraînement normal et un groupe intervention, de 481 joueurs, effectuant le Nordic Hamstring en plus de leurs entraînements. Les groupes sont homogènes, leurs caractéristiques ne présentent pas de différences significatives.

L'incidence des lésions aux ischio-jambiers est indiquée selon le nombre de lésions pour 100 joueurs et la sévérité est donnée selon la moyenne d'absence par lésion et de l'écart type.

Les auteurs exposent les résultats de l'ensemble des lésions, puis séparent les nouvelles des récidivantes. Pour le groupe contrôle, l'incidence totale des lésions est de 13,1/100 joueurs, les nouvelles lésions de 8,1/100 joueurs et les récidivantes de 45,8/100 joueurs. Le groupe intervention indique 3,8/100 joueurs pour l'incidence totale des lésions, les nouvelles de 3,1/100 joueurs et les récidivantes de 7,1/100 joueurs.

Pour l'incidence totale, la comparaison des deux groupes indique une différence significative ($p < 0,001$) avec un risque relatif de 0,293 et un intervalle de confiance à 95% de 0,150-0,572.

Tableau 5
Résumé de l'étude de Petersen et al., 2011

Type d'étude	Etude randomisée contrôlée
Niveau de preuves	II
Outcomes	Incidence : nombre de lésions pour 100 joueurs Sévérité : moyenne des jours d'absence par lésion
Population	Footballeurs professionnels et amateurs du Danemark
Groupes	Groupe contrôle : n=461 joueurs programme d'entraînement normal (sans Nordic Hamstring) Groupe intervention : n=481 joueurs programme d'entraînement normal + Nordic Hamstring
Interventions	Nordic Hamstring selon le protocole de Mjølnes
Résultats	Incidence des lésions totales aux ischio-jambiers en nombre de lésions pour 100 joueurs : Groupe contrôle : 13.1/100 joueurs (nouvelles 8,1 et récidives 45,8) Groupe intervention : 3.8/100 joueurs (nouvelles 3,1 et récidives 7,1) Différence significative entre les deux groupes RR : 0.293, CI 0.150-0.572, $p < 0.001$ (différence significative nouvelles lésions $p = 0.034$ et récidives $p = 0.003$) Soit diminution de 60% de nouvelles lésions et de 85% de récidives Sévérité des lésions par jours manqués d'entraînements et de matchs : Groupe contrôle : 26,4 jours (SD=19,5) Groupe intervention : 30,3 jours (SD=18,3) Pas de différence significative entre les deux groupes ($p = 0.16$)

RR = Risque Relatif
CI = Intervalle de Confiance
SD = Écart Type

L'étude met aussi en évidence une différence significative pour l'incidence des nouvelles lésions ($p = 0,34$) et pour celles récidivantes ($p = 0,003$). Il y a donc une diminution de l'incidence totale d'apparition de lésions de 65% lors de la pratique du Nordic Hamstring. Pour les nouvelles lésions la diminution est de 60% alors que les récidives chutent de 85%.

La moyenne de la sévérité des lésions du groupe contrôle est de 26,4 jours d'absence, avec un écart type de 19,5. Pour le groupe intervention, la moyenne est de 30,3 jours

d'absence pour une lésion, avec un écart type de 18,3. Il n'y a aucune différence significative entre les deux groupes ($p=0,16$).

5.5. Comparaison des études

Pour une meilleure compréhension de la comparaison de ces trois études, nous avons divisé cette partie par thème. La présence de tableaux récapitulatifs permet d'en faciliter la lecture.

Comparaison des outcomes.

Les deux cohortes (Brooks et al., 2006 ; Arnason et al., 2008) décrivent l'incidence des lésions de la même manière (tableau 6), en nombre de lésions pour mille heures d'exposition. La RCT (Petersen et al., 2011), quant à elle, relève le nombre de lésions pour cent joueurs. Cette différence doit donc être prise en compte lors des résultats.

Pour l'outcome de la sévérité, il est relevé de manière identique entre la RCT de Petersen et al. (2011) et la cohorte de Brooks et al. (2006). Les auteurs le décrivent en nombre de jours moyen d'absence provoqué par lésion. L'étude d'Arnason et al. (2008) utilise un autre procédé, ils l'explicitent en trois niveaux de lésion : ≤ 7 jours d'absence pour mineure, 8-21 jours d'absence pour modérée et > 21 jours d'absence pour sévère.

Tableau 6
Les outcomes d'incidence et de sévérité

Articles	Type d'étude	Outcome		Follow-up (ans)
		Incidence	Sévérité	
Brooks et al.	Cohorte	Nb de lésions/1000h d'exposition	Durée moyenne des lésions en jour	2
Arnason et al.	Cohorte	Nb de lésions/1000h d'exposition	≤ 7 jours = mineure 8-21 jours = modérée > 21 jours = sévère	4
Petersen et al.	RCT	Nb de lésions/100joueurs	Durée moyenne des lésions en jour	1

Le follow-up est différent pour chacune des études. En effet, la RCT de Petersen et al. (2011) suit les joueurs pendant 1 an. Quant à la cohorte de Brooks et al. (2006), elle suit les joueurs de rugby sur deux saisons, soit 2 ans. Pour Arnason et al. (2008), le follow up de l'étude est de 4 ans. Il y a donc une grande différence du temps d'observation des joueurs.

Comparaison de la population.

Chaque article possède une population importante (tableau 7). L'étude de Brooks et al. (2006) a l'échantillon le plus petit, il comprend 492 joueurs. La RCT de Petersen et al. (2011) indique un total de 942 joueurs. Pour la cohorte d'Arnason et al. (2008), les auteurs n'évoquent pas clairement la population exacte (34 équipes contenant 18 à 24 joueurs). L'échantillon de l'article est donc compris entre 558 et 744 joueurs (34x24 et 34x24).

Tableau 7
Caractéristiques de la population

Articles	Sports	Niveau	Population (n=)	Age moyen (SD)
Brooks et al.	rugby	pro	492	25,5 (4,1)
Arnason et al.	football	pro	≈ 558-744	NC
Petersen et al.	football	pro et amat	942	23,26 (4,0)
NC = Non Communiqué SD = Écart Type		Amat = Joueurs Amateurs Pro = Joueurs professionnels		

Ces populations sont comparables au niveau de la moyenne d'âge. En effet, les études de Petersen et al. (2011) et Brooks et al. (2006) ont une moyenne d'âge proche, 23,26 pour la RCT (écart type de 4,0) et 25,5 pour la cohorte (écart type de 4,1). Cependant la moyenne d'âge des joueurs de l'étude d'Arnason et al. (2008) n'est pas connue.

Dans nos études, deux sports sont représentés. Le rugby dans l'étude de Brooks et al. (2006) et le football pour la RCT de Petersen et al. (2011) et la cohorte de Arnason et al. (2008). Elles comprennent toutes des joueurs professionnels. Seul l'article de Petersen et al. (2011) intègre des joueurs amateurs.

Comparaison des interventions.

Pour les groupes contrôles, les trois études ont comme intervention un entraînement standard sans Nordic Hamstring. Seul le deuxième groupe contrôle de la cohorte de Brooks et al. (2006) est différent. Il est constitué de l'entraînement standard et d'exercices d'étirement (tableau 8). Brooks et al. (2006) prennent en compte les étirements car son groupe d'intervention réalise aussi l'entraînement standard, les exercices d'étirement et en plus le Nordic Hamstring. Alors que la cohorte d'Arnason et al. (2006) et la RCT de Petersen et al. (2011) ont seulement le Nordic Hamstring en plus de l'entraînement standard. La seule différence entre les groupes est donc le Nordic Hamstring.

Tableau 8
Comparaison des interventions des groupes contrôles et interventions

Articles	Groupe contrôle	Groupe intervention	Compliance (%)	Durée d'intervention (ans)
Brooks et al.	ES et ES + ST	ES + ST + NH	NC	2
Arnason et al.	ES	ES + NH	48	2
Petersen et al.	ES	ES + NH	91	1

NH = Nordic Hamstring ST = Étirement
ES = Entraînement Standard NC = Non Communiqué

La durée d'intervention des deux cohortes (Brooks et al., 2006 ; Arnason et al., 2008) est identique, elle s'élève à deux ans. Pour l'étude de Petersen et al. (2011) cette durée est seulement d'un an. Toutefois la compliance de cette dernière est de 91%, soit deux fois plus que l'étude d'Arnason et al. (2008) qui n'indique que 48% (tableau 8). L'étude de Brooks et al. (2006) n'explicite pas ce sujet.

Comparaison des incidences des lésions.

Dans les trois articles, l'incidence des lésions des ischio-jambiers diminue de manière significative entre le groupe contrôle et le groupe intervention (tableau 9). Pour les articles de Petersen et al. (2011) et d'Arnason et al. (2008), le « P » est de 0,001. Par contre la cohorte de Brooks et al. (2006) n'indique pas la valeur du « P ».

Tableau 9
Incidence des lésions des ischio-jambiers

Articles	Groupe contrôle	Groupe intervention	P	% de diminution entre les groupes
Brooks et al.	7,5*	4,2*	0,001	44
Arnason et al.	0,62*	0,22*	S	64,5
Petersen et al.	13,1 [†]	3,8 [†]	0,001	71

S = Significatif

*nb de lésions/1000h d'exposition

[†]nb de lésions /100 joueurs

Le sport et l'outcome des trois articles n'étant pas identiques, nous avons choisi de calculer le pourcentage de diminution du groupe intervention par rapport au groupe contrôle. Modalité du calcul :

$$\% \text{ de diminution de l'incidence} = 100 - \frac{\text{incidence groupe intervention} * 100}{\text{incidence groupe contrôle}}$$

Ainsi, la RCT indique la plus forte diminution des lésions des ischio-jambiers avec 71% (tableau 9). La cohorte d'Arnason et al. (2008) est presque équivalente (6,5 points d'écart) avec 64,5% de diminution entre les deux groupes. Avec une diminution de 44%, l'article de Brooks et al. (2006) possède un écart de plus de 20 points comparé aux deux autres études.

Comparaison de la sévérité des lésions.

La sévérité ne comprenant pas les mêmes outcomes dans les trois articles, nous avons décidé, comme pour l'incidence, de calculer le pourcentage de diminution de la sévérité entre le groupe contrôle et le groupe intervention (tableau 10). Modalité du calcul :

$$\% \text{ de diminution de la sévérité} = 100 - \frac{\text{sévérité groupe intervention} * 100}{\text{sévérité groupe contrôle}}$$

Pour Brooks et al. (2006) la durée moyenne des lésions est de trois jours de moins chez le groupe intervention que le groupe contrôle, soit une diminution de 17,6% (tableau 10). La différence entre les deux groupes n'est pas significative (p = non communiqué). La RCT de Petersen et al. (2011) a aussi une différence non significative (p = 0,16), elle

montre que la durée moyenne des lésions augmente d'un jour, soit une diminution de la sévérité de - 4,8%.

Tableau 10
Sévérité des lésions des ischio-jambiers

Articles	Groupe contrôle	Groupe intervention	P	% de diminution entre les groupes
Brooks et al.	17*	14*	NS	17,6
	mi 36 [†]	mi 27 [†]		25
Arnason et al.	mo 50 [†]	mo 64 [†]	0,88	-28
	se 14 [†]	se 9 [†]		35
Petersen et al.	21*	22*	0,16	-4,8

NS= Non Significatif

*durée moyenne des lésions

[†]nb de lésions (mi=mineure ≤ 7jours, mo=modérée 8-21jours, se=sévère > 21jours)

Pour l'étude d'Arnason et al. (2008), le nombre de lésions mineures et sévères diminue dans le groupe intervention respectivement de 25% et 35% (tableau 10). En revanche le nombre de lésions modérées a un pourcentage de diminution de -28%, soit une augmentation du temps d'absence. Il n'y a donc pas de tendance à la baisse de la sévérité des lésions et les résultats ne sont pas significatifs (p = 0,86).

6. Discussion

6.1. Interprétation des résultats

Les résultats des articles sont basés sur l'incidence et la sévérité des lésions des ischio-jambiers. Nous allons les interpréter dans deux parties différentes.

Interprétation de l'incidence des lésions.

D'après les études, le Nordic Hamstring a un effet significatif sur la prévention des lésions des ischio-jambiers. Il semble diminuer fortement l'incidence des lésions. Cependant, les résultats sont influencés par différents facteurs.

L'article de Brooks et al. (2006) possède un pourcentage de diminution entre les groupes contrôle et intervention de 44%, 20 points d'écart avec les autres études (64,5% pour Arnason et al. (2008) et 71% pour Petersen et al. (2011)). Ceci peut être induit par une pratique sportive différente. En effet, le premier étudie les rugbymen alors que les deux suivants les footballeurs.

De plus, l'étude ayant le meilleur pourcentage de diminution (71%) est celle intégrant des joueurs amateurs et professionnels (Petersen et al. (2011)). En effet, les joueurs amateurs n'ont pas le même entraînement standard que les joueurs professionnels. L'amélioration de l'entraînement par le Nordic Hamstring a une répercussion plus importante chez les amateurs que chez les sportifs professionnels. Ceci engendre donc une diminution plus marquée de l'incidence des lésions.

Si la qualité des trois articles est quasi identique, le niveau de preuve de la RCT (Petersen et al. 2011) est supérieur aux deux cohortes (Brooks et al., 2006 ; Arnason et al., 2008) respectivement II pour la RCT et III-2 pour les cohortes. La valeur de ces résultats a donc une pondération plus forte. En effet, la faible compliance (48%) à l'exercice du Nordic Hamstring dans les études de Brooks et al. (2006) et Arnason et al. (2008) peut remettre en cause la fiabilité de leurs résultats. Mais, l'étude de Petersen et al. (2011) a une compliance de 90% et un niveau de preuve supérieur, ce qui permet de pondérer ces résultats à la hausse. Donc, la significativité du Nordic Hamstring sur la prévention des lésions des ischio-jambiers n'est pas remise en cause.

Interprétation de la sévérité des lésions.

D'après les articles, le Nordic Hamstring n'a pas d'effet significatif sur la diminution de la sévérité des lésions des ischio-jambiers. De plus, aucune tendance ne peut être relevée car les résultats divergent : augmentation d'un jour d'absence dans l'étude de Petersen et al. (2011) alors que la cohorte de Brooks et al. (2006) trouve une diminution de trois jours.

Ces divergences peuvent être expliquées par la pratique sportive des études (rugby et football) mais aussi par les différents exercices élaborés dans le groupe intervention. En effet, l'article de Brooks et al. (2006) est le seul à intégrer au groupe intervention des

étirements et à trouver une tendance de diminution de la sévérité dans ses résultats. Petersen et al. (2011) et Arnason et al. (2008) ne prennent en compte que l'entraînement standard et le Nordic Hamstring. Ils n'observent aucune tendance au niveau de la sévérité des lésions. Les étirements peuvent donc avoir influencé le résultat de Brooks et al. (2006) même s'il n'existe aucun effet attribué aux étirements dans la littérature.

6.2. Confrontation à la littérature

Nordic Hamstring et DOMS : une autre étude a été écrite sur le Nordic Hamstring (Gabbe, Branson & Bennell, 2006). Elle n'a pas été retenue car elle utilise d'autres modalités (plus contraignantes pour le muscle) qui provoquent l'apparition prématurée de DOMS chez les sujets. Dans cette RCT, les joueurs ayant souffert de douleurs suite à l'exécution de l'exercice n'ont pas poursuivi l'intervention par peur de léser leurs ischio-jambiers. De ce fait, la compliance des sujets a nettement diminué. En effet, l'utilisation du travail excentrique doit se faire avec précaution pour en constater les effets bénéfiques. Dans nos études, très peu de joueurs se sont plaints de douleurs de type DOMS. De plus, le protocole décrit par Mjølnes a montré son efficacité. Il est donc important de le respecter.

Nordic Hamstring et dysbalance musculaire : certaines particularités du travail excentrique ont été mises en évidence dans la littérature avec l'utilisation d'exercices de type Nordic Hamstring. Anastasi et Hamzeh, (2011) ont ainsi testé cet exercice au sein du rugby féminin. L'étude évalue l'effet d'un programme de renforcement de dix semaines sur les dysbalances bilatérales de force aux ischio-jambiers et sur la dynamique musculaire des membres inférieurs (Anastasi & Hamzeh, 2011). Les mesures réalisées montrent des résultats significatifs entre les groupes intervention et contrôle ($p < 0,05$). Il y a donc une efficacité du Nordic Hamstring dans la correction des dysbalances et dans l'amélioration de la force explosive des membres inférieurs.

Nordic Hamstring et angle d'efficacité maximum : une autre étude (Brockett, Morgan & Proske, 2001) montre que le Nordic Hamstring permet un déplacement de l'angle d'efficacité maximum des ischio-jambiers. Les auteurs conseillent ainsi d'utiliser cet exercice chez les personnes dites « à haut risque lésionnel ».

Nordic Hamstring et « The 11+ » : les études validant le programme « The 11+ » (Van Beijsterveldt et al., 2011 ; Junge et al., 2010) sont en accord avec nos articles (Brooks et al., 2006 ; Arnason et al., 2008 ; Petersen et al., 2011). Un renforcement excentrique de type Nordic Hamstring permet de prévenir les lésions des ischio-jambiers.

6.3. Biais et limites scientifiques des études

Lors de la lecture et de l'analyse de nos articles, nous avons identifié plusieurs biais pouvant modérer nos résultats.

Choix des outcomes : dans l'ensemble de nos études, les outcomes ne sont pas issus d'un gold standard. L'imagerie par résonnance magnétique peut identifier clairement le type de lésion, la sévérité et le chef musculaire atteint. Son utilisation dans nos études aurait augmenté la fiabilité de l'examen clinique.

Drop out inexpliqués : concernant les drop out, Arnason et al. (2008) ne décrivent ni leur nombre ni leur raison. Ces informations manquantes sont importantes, elles permettent de mieux comprendre les résultats, d'augmenter la qualité de l'article et d'ôter les suppositions d'un effet délétère du protocole du Nordic Hamstring de Mjølnes. A l'inverse, Petersen et al. (2011) expliquent leur fort taux de drop out (79 pour 942 joueurs) par les transferts de joueurs, départ à la retraite et exclusion des équipes rétrogradées et non par une pratique excessive du Nordic Hamstring.

Entraînement standard non défini : lors de la description des interventions, les auteurs évoquent un entraînement standard mais ne définissent aucun programme d'entraînement. En pratique, chaque équipe possède son propre programme, sa philosophie de jeu et sa préparation physique. Ils dépendent de l'entraîneur, du préparateur physique, des objectifs fixés par le staff, de la saison sportive, du sport et du poste de chaque joueur. Cela a des répercussions sur les risques lésionnels des joueurs et sur l'incidence des blessures. Il existe donc des différences intra et inter groupe non évaluées par les auteurs pouvant influencer les résultats des études. De plus, l'étude de Brooks et al. (2006) ajoute des étirements au sein des groupes contrôle et intervention.

Ceci constitue également un biais non négligeable même si ces derniers n'ont pas montré leur efficacité dans la littérature.

Conflit d'intérêt : les risques de conflit d'intérêt sont aussi présents dans les limites de nos études. Dans le sport de haut-niveau, le temps d'indisponibilité d'un joueur a un prix. Entre l'entraîneur, le président, les médias et les sponsors, le staff médical est sous pression et se doit de tout mettre en œuvre pour que le joueur retrouve le terrain le plus rapidement possible. Un retour trop précoce à la compétition augmente le risque de récurrence et de la gravité de la lésion. De plus, les joueurs peuvent également biaiser la rééducation en minimisant la blessure pour pouvoir rejouer plus rapidement. La peur de perdre une place de titulaire ou d'être forfait pour une grande compétition peut engendrer ce genre d'attitude. Dans ce cas, le temps de réhabilitation n'est pas respecté et le risque de récurrence en est accru. Ce problème est moins présent dans le monde amateur où la pression environnante est plus faible.

Prise en charge médicale différente : la qualité des soins prescrite entre le monde amateur et professionnel diffère également. Les joueurs professionnels bénéficient d'une prise en charge optimale contrairement aux joueurs amateurs. Leur temps d'indisponibilité est donc raccourci. Il y a donc présence d'un biais pour l'évaluation de la gravité des lésions qui se mesure par le temps d'indisponibilité des joueurs.

Aveuglement des études : la réalisation d'études en aveugle ou en double aveugle, nécessaire pour éviter toute influence subjective sur les résultats, est impossible à mettre en œuvre dans des équipes de haut niveau. Les enjeux financiers sont trop importants pour que les clubs acceptent cette contrainte.

Risques des activités quotidiennes : dans nos études, les auteurs répertorient les temps d'exposition sur le terrain et lors des entraînements. Ils n'évaluent pas les risques pris lors des activités quotidiennes des joueurs. Certaines activités sont plus contraignantes et peuvent fatiguer les joueurs. Les risques lésionnels en sont donc accrus.

Homogénéité des risques lésionnels : les auteurs n'identifient pas les risques lésionnels chez les joueurs au début de l'étude. L'homogénéité de la population n'est peut être pas respectée. Un test isocinétique permettrait de repérer ces risques et de

prouver qu'il n'existe pas de différence significative entre les groupes intervention et contrôle.

6.4. Limites de notre revue

Différentes limites sont identifiées lors de la réalisation de notre revue de la littérature :

Le manque d'expérience : ce type de travail est, pour nous, une première. Nous sommes donc conscients des limites de nos compétences.

La méthodologie de recherche : nous n'avons pas utilisé toutes les bases de données existantes mais celles que nous maîtrisons le mieux. De plus, nous avons éprouvé des difficultés lors de la recherche sur le thème du Nordic Hamstring. En effet, il existe différentes définitions des mots clés et d'appellations possibles pour cet exercice dans la littérature. Il se peut donc que nous soyons passés à côté d'études traitant de notre sujet. Pour pallier à cette limite, nous avons contacté les auteurs des articles de notre revue afin de nous renseigner sur les avancées en cours.

L'analyse de la qualité scientifique des études : nous avons discuté de chaque item d'évaluation afin d'harmoniser leur compréhension. Étant novices dans l'utilisation de ces échelles, nous avons peut être surcoté la qualité de nos articles.

Le niveau de preuve : notre revue se compose de deux cohortes et d'une RCT, le niveau de preuve des cohortes étant faible, il diminue celui de notre revue. Pour l'améliorer, nous n'aurions du retenir que des RCT, au niveau de preuve plus élevé. Mais la littérature actuelle n'est pas assez développée sur notre sujet.

Le choix de la population cible : nous n'avons pas souhaité contraindre notre travail à un seul type de sport afin d'augmenter notre échantillon de sportifs. Mais dans la littérature, nous n'avons trouvé que des articles sur le football et le rugby. Si nos résultats sont généralisables, ils demandent à être confirmés par des études sur d'autres sports à risque.

Les unités d'incidence des lésions aux ischio-jambiers : les études retenues utilisent des unités différentes pour le même outcome. Arnason et al. (2008) et Brooks et al. (2006) calculent un nombre de lésions pour 1000 heures de jeu alors que Petersen et al. (2011) parlent du nombre de lésions pour 100 joueurs. Pour une meilleure pertinence des comparaisons et des interprétations des résultats, une harmonisation des unités aurait facilité notre travail.

La prévention primaire et secondaire : nous n'avons pas séparé les différents types de prévention dans notre travail car les deux cohortes (Brooks et al., 2006 ; Arnason et al., 2008) ne différencient pas les joueurs ayant déjà eu ou non une lésion aux ischio-jambiers. Or, le risque lésionnel est beaucoup plus important chez un sportif avec un antécédent de lésion (Orchard, 2001). Il existe alors un biais sur l'incidence des lésions. Par contre, l'étude de Petersen et al., (2011) différencie ces deux populations. Le résultat sur la diminution de l'incidence des lésions par le Nordic Hamstring est donc significatif pour la prévention primaire et secondaire.

6.5. Recherches futures

La prévention des lésions chez les sportifs est une préoccupation majeure tout au long de leur carrière. La rédaction de notre travail nous permet d'exprimer certaines pistes de réflexion pour des recherches futures.

Publier des RCT : dans la littérature actuelle, la prévention des lésions des ischio-jambiers par l'exercice du Nordic Hamstring manque de publications. En effet, une seule étude randomisée contrôlée a été trouvée lors de la recherche d'articles. Le niveau de preuve de ce type d'étude étant plus élevé que celui des cohortes, la publication de plusieurs RCT sur ce sujet augmenterait la validité du Nordic Hamstring.

Étendre les recherches à d'autres sports et aux sports féminins : à ce jour, les articles trouvés sur la prévention des lésions des ischio-jambiers par le Nordic Hamstring sont essentiellement basés sur le football et concernent uniquement les hommes. De nouvelles recherches sur ce sujet devraient prendre en compte l'émergence du sport féminin et s'appuyer sur d'autres sports à risque lésionnel, tels que le sprint, la

danse et les sports de combat, pour élargir la population cible et favoriser la généralisation de la prévention.

Préciser le contenu des entraînements proposés dans les études : La méthodologie des études doit mettre en avant une intervention simple (par exemple : préparation standard contre préparation standard + Nordic Hamstring). Afin d'homogénéiser la préparation, il est important de la décrire et de vérifier qu'aucun exercice de type renforcement excentrique des ischio-jambiers n'est présent dans la préparation standard. Ceci pourrait biaiser l'étude.

Concevoir un protocole de progression : Mjølnes et al., (2004), « The 11+ » et nos articles précisent qu'une augmentation progressive du renforcement excentrique par le Nordic Hamstring doit être réalisée avant d'exécuter le programme complet (Mjølnes et al., 2004 ; Rodas et al., 2009 ; Brooks et al., 2006 ; Arnason et al., 2008 ; Petersen et al., 2011). Cette progression permet de limiter l'apparition excessive des DOMS chez les sujets. Cependant, dans ces articles, aucune progression n'est identique. De nouvelles recherches sur la conception d'un protocole de progression validé seraient nécessaires pour comparer les résultats des études sur le Nordic Hamstring.

6.6. Recommandations pour la pratique

Il existe plusieurs facteurs de risque de lésions des ischio-jambiers, ce qui nous amène à proposer les recommandations suivantes :

Identifier les risques chez le sportif : il nous paraît important de mettre en place un test isocinétique en début et en fin de saison pour évaluer les dysbalances musculaires et les faiblesses chez le sportif (Croisier et al., 2008). Ainsi le physiothérapeute peut adapter sa prise en charge avec le Nordic Hamstring comme solution pour la prévention des risques lésionnels des ischio-jambiers.

Intégrer le Nordic Hamstring dans un programme d'entraînement : Le Nordic Hamstring est efficace tant en prévention primaire qu'en prévention secondaire (Petersen et al., 2011). Le physiothérapeute peut proposer au staff technique et médical de l'équipe d'intégrer cet exercice dans le programme d'entraînement quotidien. Le

Nordic Hamstring a l'avantage d'être facile à mettre en place, rapide d'exécution et de diminuer significativement les lésions des ischio-jambiers.

Suivre un protocole strict d'exécution du Nordic Hamstring : le programme de Mjølnes choisi pour l'exécution du Nordic Hamstring sollicite le muscle de façon optimal (Mjølnes et al., 2004). Le respect du nombre de répétitions est important afin de ne pas provoquer d'effets délétères et/ou de sur-sollicitations musculaires. Le physiothérapeute doit donc enseigner correctement l'exercice et ses modalités d'exécution. Il doit s'assurer de sa bonne réalisation et corriger les compensations. En cas de survenue de DOMS, l'exercice devra être adapté au sportif en diminuant le nombre de répétitions.

7. Conclusion

L'objectif de notre étude était d'évaluer l'effet préventif d'un renforcement de type Nordic Hamstring sur l'incidence des lésions des ischio-jambiers. Suite aux recherches effectuées, nous avons retenu trois publications répondant à notre question de recherche (Brooks et al., 2006 ; Arnason et al., 2008 ; Petersen et al., 2011).

Malgré de multiples divergences (population étudiée, sports, follow up) ces études donnent le même résultat : la pratique régulière du Nordic Hamstring diminue de manière significative l'incidence des lésions primaires et secondaires des ischio-jambiers.

Malheureusement, il n'existe qu'un faible nombre d'études. La publication de nouvelles recherches de type RCT, s'appuyant sur d'autres sports, permettrait de pondérer le niveau de preuve de l'efficacité de cet exercice.

Suite à notre étude, nous avons montré qu'il serait intéressant d'améliorer le protocole de Mjølnes en y ajoutant une progression standard du renforcement excentrique, afin d'éviter toute survenue de DOMS. D'autre part, pour diminuer l'incidence des lésions et donc réduire le temps d'indisponibilité des joueurs, une campagne de prévention pourrait être mise en place dans les clubs amateurs et professionnels, avec l'intégration d'exercices simples et efficaces dans leurs entraînements, comme le Nordic Hamstring.

8. Bibliographie

Articles retenus:

Arnason, A., Andersen, T.E., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Février, 18 (1), pp.40-8.

Brooks, J.H., Fuller, C.W., Kemp, S.P. & Reddin, D.B. (2006). Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *The American Journal of Sports Medicine*, Août, 34 (8), pp.1297-306.

Petersen, J., Thorborg, K., Bachmann Nielsen, M., Budtz-Jørgensen, E. & Hölmich, P. (2011). Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer : a cluster randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*, Août, 39, 11, pp.2296-2303. doi: 10.1177/0363546511419277

Articles:

Agre & James, C. (1985). Hamstring Injuries: Proposed Aetiological Factors, Prevention, and Treatment. *Sports Medicine*, 2 (1), pp.21-33.

Anastasi, S.M. & Hamzeh, M.A. (2011). Does the eccentric Nordic hamstring exercise have an effect on isokinetic muscle strength imbalance and dynamic jumping performance in female rugby union players? *Isokinetics and Exercise Science*, 19, pp.251-260. doi:10.3233/IES-2011-0420

Askling, C., Karlsson, J., Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, pp. 244-250.

Bizzini, M., Junge, A., Bahr, R. & Dvorak, J. (2009). Injuries and musculoskeletal complaints in referees : A complete survey in the top divisions of the swiss football league. *Clinical Journal of Sport Medecine*, 19, pp.98-100.

- Brockett, C.L., Morgan, D.L. & Proske, U. (2001) Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medecine and science in sports and exercise*, Mai, 33 (5), pp.783-790.
- Clark, R., Bryant, A., Culgan, J. & Hartley, B. (2005). The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*, Mai, 6 (2), pp.67-73.
- Connell, D.A., Schneider-Kolsky, M.E., Hoving, J.L., Malara, F., Buchbinder, R., Koulouris, G., Burke, F. & Bass, C. (2004) Longitudinal study comparing sonographic and MRI assessments of acute and healing hamstring injuries. *American journal of roentgenology*, Octobre, 183, pp.975-984.
- Copland, S.T., Tipton, J.S. & Fields, K.B. (2009). Evidence-based treatment of hamstring tears. *Current Sports Medecine Reports*, Novembre-Decembre, 8 (6), pp.308-14.
- Croisier, JL., Camus, G., Forthomme, B., Maquet, D., Vanderthommen, M. & Crielaard, JL. (2003). Delayed onset muscle soreness induced by eccentric isokinetic exercise. *Isokinet exercise of science*, 11, pp.21-29.
- Croisier, JL., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M. & Ferret, JM. (2008). Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players : A Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36 (8), pp.1469-1475.
- Doss, W.S. & Karpovich, P.V. (1965). A comparison of concentric, eccentric, and isometric strength of elbow flexors. *Journal of Applied Physiology*, Mars, 20, pp.351-353
- Drezner, J.A. (2003). Practical management: Hamstring muscle injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13, pp.48–52.
- Ekstrand, J. & Gillquist, J. (1983). Soccer injuries and their mechanisms: a prospective study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 15, pp.267–270.

- Ekstrand, J., Hägglund, M. & Waldén, M. (2011). Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *The American journal of sports medicine*. doi:10.1177/0363546510395879
- Fuller, C.W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T.E., Bahr, R., Dvorak, J., Hägglund, M., MCCrory, P. & Meeuwisse, W.H. (2005). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *British journal of sports medicine*. 40, pp. 193-201. doi:10.1136/bjsm.2005.025270
- Gabbe, B., Branson, R. & Bennell, K. (2006). A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football. *Journal of science and medicine in sport*. Septembre, 9, pp. 103-109.
- Garrett, WE Jr., Califf, JC. & Bassett, FH. (1984). Histochemical correlates of hamstring injuries. *The American journal of sports medicine*, Mars-Avril, 12 (2), pp.98-103.
- Gasq, D., Labrunée, M., Marque, P., Dupui, P., Montoya, R., Zanone, P.G. & Tack, I. (2009). Stratégies d'élaboration du mouvement et recrutement neuromusculaire. *Exercice musculaire excentrique*, Mars, pp.7-24.
- Heiderscheit, B.C., Sherry, M.A., Silder, A., Chumanov, E.S. & Thelen, D.G. (2010). Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation, and Injury Prevention. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, Février, (40), n°2, pp.67-81.
- Hody, S., Rogister, B., Leprince, P. & Croisier, J.L. (2009). DOMS : traiter ou prévenir ? *Exercice musculaire excentrique*, Mars, pp.175-182.
- Jarvinen, T.A.H., Jarvinen, T.L.N., Kaariainen, M., Aarimaa, V., Vaittinen, S., Kalimo, H. & Jarvinen, M. (2007). Muscle injuries: optimising recovery. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 21 (2), pp.317-331.
- Julia, M. & Hérisson, C. (2009). Quels outils pour le travail musculaire excentrique ? De l'entraînement en salle à la pratique sur le terrain. *Exercice musculaire excentrique*, Mars, pp.45-50.

- Junge, A., Lamprecht, M., Stamm, H., Hasler, H., Bizzini, M., Tschopp, M., Reuter, H., Wyss, H., Chilvers, C. & Dvorak, J. (2010). Countrywide Campaign to Prevent Soccer Injuries in Swiss Amateur Players. *The American Journal of Sports Medicine*, pp.39-57.
- Kotila, K., Sveinsson, T. & Arnason, A. (2011). Evidence-based testing of the hamstring muscles using wireless surface emg. *British Journal of Sports Medicine*, Avril, 45 (4), p.358.
- Lefèvre, B. & Thiery, P. (2011). Les principales activités physiques et sportives pratiquées en France en 2010. *Ministère des sports Stat info*, Novembre, 11.
- Lieber, R.L. & Fridén, J. (1999). Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2 (3), pp.253-265.
- McHugh, M.P. (2003). Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, pp.88-97.
- Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E. & Brughelli, M. (2011). Hamstring strain injuries : are we heading in the right direction ? *British Journal of Sports Medicine*, doi:10.1136/bjsm.2010.081695
- Middleton, P., Puig, P.L., Trouvé & P., Savali, L.(2000) Rééducation des lésions musculaires et tendineuses. *Médecins du sport*, Mars 34, 13-24. http://www.msport.net/newSite/index.php?op=aff_article&id_article=70 (consulté le 29/05/2012)
- Mjølsnes, R., Arnason, A., Østhaugen, T., Raastad, T. & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Octobre, 14 (5), pp.311-317.
- National Health and Medical Research Conseil [NHMRC], (2009). NHMRC additional levels of evidence and grades for recommendations for developers of guidelines. *Working to build a healthy Australia*, Juin, pp.1-21.

- Ohberg, L. & Alfredson, H. (2004). Effects on neovascularisation behind the good results with eccentric training in chronic mid-portion Achilles tendinosis? *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 12, pp.465-470
- Orchard, J.W. (2001). Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *The American Journal Of Sports Medicine*, Mars, 29, pp.300–303.
- Petersen, J., Holmich, P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British Journal of Sport Medicine*, 39, pp. 319-323.
- Proske, U. & Morgan, D.L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *Journal of physiology*, 537.2, pp.333-345.
- Rodas, G., Pruna, R., Til, L. & Martin, C. (2009). Clinical practice guide for muscular injuries. Epidemiology, diagnosis, treatment and prevention. *Apunts medicina de l'esport*, Février, 44 (164), pp.179-203.
- Rodineau, J. & Durey, A. (1990). Le traitement des lésions musculaires. *JAMA, édition française, supplément, actualités thérapeutiques*, pp.20-22.
- Roulland, R. (2003). Les ischio-jambiers du footballeur, isocinétisme et prévention. *Kinésithérapie scientifique*, 437, pp.31-36.
- Sato, K., Hosokawa, T., Mitsueda, S., Hosaki, K., Okuyama, M., Okada, T., Kanisawa, I., Tsuchiya, A., Takahashi, K. & Sakai, H. (2011). Effects of eccentric hamstring strength exercise on knee flexor strength. *British Journal of Sports Medicine*, Avril, 45 (4), p.372.
- Sayers, A., Sayers, B. & Binkley, H. (2008). The Nordic eccentric hamstring exercise for injury prevention in soccer players. *Strength & Conditioning Journal (Allen Press)*, Août, 30 (4), pp.56-58.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M. & Lovell, R. (2009). Effect of timing of eccentric hamstring strengthening exercises during soccer training: implications for muscle fatigability. *Journal of Strength & Conditioning Research*, Juillet, 23 (4), pp.1077-1083.

- Stanish, W., Rubinivich, M. & Curwin, S. (1986). Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clinical orthopaedics and related research*, 208, pp.65-68.
- Tansel, R.B., Salci, Y., Yildirim, A., Kocak, S. & Korkusuz, F. (2008). Effects of eccentric hamstring strength training on lower extremity strength of 10-12 year old male basketball players. *Isokinetics & Exercise Science*, 16 (2), pp.81-85.
- Van Beijsterveldt, AM., Krist, MR, Schmikli, SL., Stubbe, JH., De Wit, GA., Inklaar, H., Van de Port, IG. & Backx, FJ. (2011). Effectiveness and cost-effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: design of a cluster-randomised controlled trial. *Injury Prevention*, Février, p.17.
- Woods, C. Hawkins, RD. Hulse, M. & Hodson, A. (2002). The football association medical research programme: An audit of injuries in professional football—analysis of preseason injuries, *British Journal of Sports Medicine*, 36, pp.436–441.
- Yeung, S.S., Suen, A.M.Y. & Yeung, E.W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters : preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, 43, pp.589-594. doi:10.1136/bjism.2008.056283

Ouvrages:

- Croisier, J.L. (Dir.). & Codine, P. (Dir.). (2009). *Exercice musculaire excentrique*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson.
- Danowski, R., Chanussot, J-C. & Rodineau, J. (2005). *Traumatologie du sport* (7^e éd). Paris : Elsevier Masson.
- Drake, R.L., Vogl, A.W. & Mitchell, A. (2010). *Gray's anatomie pour les étudiants* (2^e éd). Paris : Elsevier.
- Jones, D., Round, J. & De Haan, A. (2005). *Physiologie du muscle squeletique : De la structure au mouvement*. Paris : Elsevier.

- Klavora, P. (2006). *Fondements en sciences de l'exercice. Etude du mouvement humain et de la santé*. Toronto : Kinesiology books publisher a division of sport books publisher.
- Lavignolle, B. (2006). *Anatomie descriptive et topographique du membre pelvien* (Ed 2006). Bordeaux : Editions Bergeret.
- Marieb, E. N. (2010). *Anatomie et Physiologie humaines* (8^e éd.). Paris : Pearson Education.
- Mark, A. (1997). *Entraînement musculaire et isocinétisme excentrique*. Paris : Elsevier Masson.

9. Liste des illustrations

Figure 1 : Le Nordic Hamstring (Mjølnes et al., 2004).....	17
Figure 2 : Récapitulatif de la sélection des articles.....	24

10. Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des études évaluées par l'échelle MINORS.....	27
Tableau 2 : Récapitulatif de l'étude évaluée par l'échelle PEDro.....	28
Tableau 3 : Résumé de l'étude de Brooks et al., 2006.....	30
Tableau 4 : Résumé de l'étude de Arnason et al., 2008.....	32
Tableau 5 : Résumé de l'étude de Petersen et al., 2011.....	34
Tableau 6 : Les outcomes d'incidence et de sévérité.....	35
Tableau 7 : Caractéristiques de la population.....	36
Tableau 8 : Comparaison des interventions des groupes contrôle et intervention.....	37
Tableau 9 : Incidence des lésions des ischio-jambiers.....	38
Tableau 10 : Sévérité des lésions des ischio-jambiers.....	39

11. Annexes

ANNEXE 1: Classification des lésions selon Rodineau et Durey en 1990

- Stade 0 : atteinte réversible de la fibre musculaire sans atteinte du tissu de soutien.
- Stade 1 : atteinte irréversible de quelques fibres musculaires aboutissant à leur nécrose sans atteinte du tissu conjonctif de soutien.
- Stade 2 : atteinte irréversible d'un nombre réduit de fibres musculaires et atteinte minime du tissu conjonctif de soutien.
- Stade 3 : atteinte irréversible de nombreuses fibres musculaires (voir un faisceau entier), atteinte importante du tissu conjonctif de soutien et formation d'un hématome intramusculaire localisé.
- Stade 4 : rupture musculaire complète.

ANNEXE 2: Methodological Index for Non-Randomised Studies (MINORS)

Nom du reviewer :

Nom de l'article :

Date :

Auteurs :

Score : /24

The items are scored 0 (not reported), 1 (reported but inadequate) or 2 (reported and adequate). The global ideal score being 16 for non-comparative studies and 24 for comparative studies.

1. A clearly stated aim:

The question addressed should be precise and relevant in the light of available literature

Page :

Commentaire :

SCORE :

2. Inclusion of consecutive patients:

All patients potentially fit for inclusion (satisfying the criteria for inclusion) have been included in the study during the study period (no exclusion or details about the reasons for exclusion)

Page :

Commentaire :

SCORE :

3. Prospective collection of data:

Data were collected according to a protocol established before the beginning of the study

Page :

Commentaire :

SCORE :

4. Endpoints appropriate to the aim of the study:

Unambiguous explanation of the criteria used to evaluate the main outcome which should be in accordance with the question addressed by the study. Also, the endpoints should be assessed on an intention-to-treat basis.

Page :

Commentaire :

SCORE :

5. Unbiased assessment of the study endpoint: blind evaluation of objective endpoints and double-blind evaluation of subjective endpoints. Otherwise the reasons for not blinding should be stated

Page :

Commentaire :

SCORE :

6. Follow-up period appropriate to the aim of the study:

The follow-up should be sufficiently long to allow the assessment of the main endpoint and possible adverse events

Page :

Commentaire :

SCORE :

7. Loss to follow up less than 5%:

All patients should be included in the follow up. Otherwise, the proportion lost to follow up should not exceed the proportion experiencing the major endpoint

Page :

Commentaire :

SCORE :

8. Prospective calculation of the study size:

Information of the size of detectable difference of interest with a calculation of 95% confidence interval, according to the expected incidence of the outcome event, and information about the level for statistical significance and estimates of power when comparing the outcomes

Page :

Commentaire :

SCORE :

TOTAL SCORE : /8

Additional criteria in the case of comparative study

9. An adequate control group:

Having a gold standard diagnostic test or therapeutic intervention recognized as the optimal

intervention according to the available published data

SCORE :

10. Contemporary groups:

Control and studied group should be managed during the same time period (no historical comparison)

SCORE :

11. Baseline equivalence of groups:

The groups should be similar regarding the criteria other than the studied endpoints.
Absence of confounding factors that could bias the interpretation of the results

SCORE :

12. Adequate statistical analyses:

Whether the statistics were in accordance with the type of study with calculation of confidence intervals or relative risk

SCORE :

The items are scored 0 (not reported), 1 (reported but inadequate) or 2 (reported and adequate). The global ideal score being 16 for non-comparative studies and 24 for comparative studies.

ANNEXE 3: La PEDro Scale en français

Échelle PEDro

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:

ANNEXE 4: NHMRC levels of evidence for intervention studies

Level of evidence	Intervention studies	Diagnosis
I	Evidence obtained from a systematic review of all relevant randomized controlled trials	Evidence obtained from a systematic review of all relevant randomized controlled trials
II	Evidence obtained from at least one properly designed randomized controlled trial	A study of test accuracy with independent blinded comparison with a valid reference standard, among consecutive patients with a defined clinical presentation
III-1	Evidence obtained from well designed pseudo-randomised controlled trials (alternate allocation or some other method)	A study of test accuracy with independent blinded comparison with a valid reference standard, among non-consecutive patients with a defined clinical presentation
III-2	Evidence obtained from comparative studies with concurrent controls and allocation not randomised (cohort studies), case control studies, or interrupted time series with a control group	A comparison with reference standard that does not meet the criteria for level II or level III-1 evidence
III-3	Evidence obtained from comparative studies with historical control, two or more single arm studies, or interrupted time series without a parallel control group	Diagnostic case control evidence
IV	Evidence obtained from case series, either post-test or pre-test and post-test	Study of diagnostic yield (no reference standard)

ANNEXE 5: Tableau extraction de données Brooks et al., 2006

Titre de l'étude : Incidence, Risk, and Prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union	
Année : 2006	Auteurs: Brooks, Fuller, Kemp and Reddin
Description	
Objectifs	Définir l'incidence, la sévérité et les facteurs de risque du rugby ET déterminer si l'utilisation du NH et d'étirements réduisent l'incidence
Hypothèses	Le renforcement en excentrique par le Nordic Hamstring diminue l'incidence et la sévérité des lésions
Conclusion	Le Nordic Hamstring réduit l'incidence et la sévérité des lésions
MÉTHODOLOGIE	
Design de l'étude	cohort study, level evidence 3
Description du design	
Durée de l'étude	l'étude dure 2 ans
Lieu de l'étude	en Angleterre
Description de l'outcome principal	incidence des lésions nb/1000h
Moment des mesures (projeté)	les mesures se font après chaque Match entraînement
Population projetée	1er ligue anglaise de Rugby
Critères d'inclusion et d'exclusion	non indiqué
Description des outils de mesure	évaluation clinique du staff médical
Description du staff	médecin physiothérapeute
Ethique	consentement de chaque joueur, mais rien sur l'acceptation d'une commission
Description des traitements et de leurs modalités	1er groupe : exercices de renforcement concentrique et excentrique 2ème groupe : étirements statiques, exercices de renforcement concentrique et excentrique 3ème groupe: étirements statiques, exercices de renforcement concentrique et excentrique, et NH
ANALYSE DES DONNÉES	
Tests statistiques utilisés (but)	chi 2 pour les différences significatives du nombre de lésions entre 2 groupes 1-way variance test pour les différences significatives de la composition des 3 groupes
Test statistiques comprenant les abandons	non indiqué
Analyse des données ajoutées au cours de l'étude	non indiqué
RESULTATS	
Population (moyenne et groupe)	totale : 492 joueurs 1er groupe : 148 / 2eme groupe : 144 / 3eme groupe : 200
Age	25 (4) de moyenne (écart type)
Genre	homme
Niveau sportif	professionnel
Nombre de matchs	16 782 heures (420 match)
Nombre d'entraînements	111 280 heures
Drop out	non indiqué
Présence de tableau	tableaux récapitulatifs et claires
Résultats globaux	1 er groupe : match : Incidence 7,5 (4,8-10,2) Sévérité 17 (11-23) entraînement : i 0,61 (0.36-0.85) s 19 (11-26) tout: i 1.1 (0.74-1.4) s 17 (13-23) 2 ème groupe : match : Incidence 7,5(4,4-10,6) Sévérité 16 (9-23) entraînement : i 0,30 (0.11-0.49) s 28 (10-45) tout: i 0,59 (0.34-0,84) s 21 (12-30) 3 ème groupe : match : Incidence 4,2(2,3-6,0) Sévérité 13 (7-18) entraînement : i 0,13 (0.04-0.21) s 16 (5-28) tout: i 0,39 (0.25-0,54) s 14 (9-19)
DISCUSSION	
Description des effets des interventions et leurs raisons entre les groupes	NH diminue la sévérité vs 2eme G mais pas significatif, diminution aussi de l'incidence. Mais comparé au 1er groupe significativement différent. 2eme et 1er G non significatif
Limites de l'étude	pas d'indication de P /
Explications des biais de l'étude	
Réflexion sur des recherches futures	pas indiqué
QUALITE	
Commentaires personnels	met en avant le NH comparé à un entraînement standard. Pas de P

ANNEXE 6: Tableau d'extraction de données Arnason et al., 2008

Titre de l'étude : Prévention of hamstring strains in élite soccer : an intervention study	
Année : 2008	Auteurs: A. Arnason, T.E. Andersen, I. Holme, L. Engebresten and R. Bahr
Description	2 ans de recueil de données puis 2 ans de recueil de données avec introduction étirements et NH
Objectifs	Tester l'effet de l'excentrique et de l'étirement sur les risques des lésions des ischio-jambiers chez les footballeurs professionnels
Hypothèses	Nordic Hamstring peut réduire les risques des lésions des ischio-jambiers
Conclusion	Nordic Hamstring diminue les risques de lésions des ischio-jambiers, mais les étirements n'ont aucun effet.
MÉTHODOLOGIE	
Design de l'étude	Intervention study
Description du design	Base de données de l'incidence des lésions des IJ chez les footballeurs durant les saisons 1999-2000, puis programme d'intervention durant les saisons 2001 et 2002
Durée de l'étude	4 ans
Lieu de l'étude	Islande et Norvège
Description de l'outcome principal	Nombre de lésions pour 1000 heure d'exposition (Match et Entraînement)
Moment des mesures (projeté)	Tout au long de l'année
Population projetée	Footballeur ligue professionnel de Norvège et Islande
Critères d'inclusion et d'exclusion	Lésions des IJ empêchant au joueur de réaliser l'entraînement complet et/ou un match apparues après recrutement musculaire type sprint, shoot, accélération, changement brusque de direction. Les contusions lors de contact sont exclues
Description des outils de mesures	Absence de match ou d'entraînement
Description du staff	Staff médical, physiothérapeute et coach
Ethique	Coach et administration accepte participer étude, pas de comité d'éthique cité
Description des traitements et de leurs modalités	Warm-up: étirement IJ seul, basculer en avant et tendre la jambe, Flexibility: étirement passif réalisé par une tierce personne, NH suivi du protocole.
ANALYSE DES DONNÉES	
Tests statistiques utilisés (but)	Z test : calculer la différence de la baseline avec le ttt. Fisher's exact test: comparer les différents groupes
Tests statistiques comprenant les abandons	Oui
RÉSULTATS	
Population (moyenne et groupe)	18-24 joueurs par équipe. Nombre d'équipes 17 Islande et 14 Norvège
Age	Pas indiqué
Genre	Masculin
Niveau sportif	Professionnel
Nombre de matchs	Heures d'exposition par championnat 30 000 pour Islande 70 000 Norvège
Nombre d'entraînements	Non spécifié
Drop out	Pas d'abandon durant année, mais équipe islandaise ne recommence pas toute l'année d'après. 48% de compliance, 1 équipe sortie de l'étude.
Présence de tableaux	2 petits tableaux
Résultats globaux	Baseline data: Islande 0.9 ± 0.16 pour 1000h (1999) 1.14 ± 0.20 pour 1000h (2000) Norvège 0.52 ± 0.09 pour 1000h (2000) (15,9% en Islande et 13,4% en Norvège des lésions sont sur les IJ)
	Etirement : 7/14 Norvège 2001 pas de différence vs rien 0.54 ± 0.12 vs 0.35 ± 0.10 , RR : 1.53, 95% interval 0.76-3.08, P=0.22 Groupe vs baseline 0.54 ± 0.12 vs 0.52 ± 0.09 , RR : 1.03, intervalle 0.59-1.79, p=0.91 Sévérité: erreur différence significative ?
	NH: vs sans programme 65% lésions diminuées 0.22 ± 0.06 vs 0.62 ± 0.05 , RR : 0.35, intervalle 0.19-0.62, P<0.001 mais sévérité RAS 27%min, 64%mod, 9%sev VS 36%min, 50%mod, 14%sev P=0.88
	NH: vs base line incidence diminuer P=0.009 et sévérité mieux vs baseline BL 29%min, 21%mod, 50%sev, P=0.024
	NH vs contrôle risque en match diminué P=0.03 en entraînement identique P=0.07
	Pas de lésion durant le NH
DISCUSSION	
Description des effets des interventions et leurs raisons au sein d'un groupe	Baseline : Author expliquer l'exercice, un auteur prend les résultats chaque mois par téléphone. Différence Islande Norvège due à une saison plus longue et mieux préparée
	Etirements : pas d'amélioration marquée littérature des pour et des contre NH: trop utilisé dangereux, d'autres exercices excentriques possibles (matériel), diminue incidence mais débiter doucement
Limites de l'étude	Pas étude RCT (coach mieux pour leur équipe)
Explication des biais de l'étude	48% compliance, savent pas pq on choisit ou pas le NH, savent pas si l'exercice a été bien utilisé jusqu'au bout, Islande médical staff pas présent tous les entraînements--> pas toutes les lésions mineures, 4 ans d'étude = diminution de la motivation. Drop out non indiqué
Réflexion sur des recherches futures	IRM pas possible voir lésion, besoin d'une RCT et cohorte bien réalisées.
QUALITÉ	
Commentaires personnels	Manque des informations sur les joueurs. Biais avec warm-up

ANNEXE 7: Tableau d'extraction de données Peterson et al., 2011

Titre de l'étude : Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in Men's Soccer	
Année : 2011	Auteurs: J. Petersen, K. Thorborg, M. Bachmann Nielsen, E. Budtz-Jorgensen, P. Holmich
Description	Dans la continuité des articles précédents sur le NH, les auteurs souhaitent avec cette étude randomisée contrôlée prouver l'intérêt du NH dans la diminution de l'incidence des blessures chez les footballeurs professionnels et amateur.
Objectifs	Evaluer l'effet préventif chez les footballeurs d'une préparation physique avec ajout d'un renforcement excentrique des IJ de type Nordic Hamstring. (vs préparation standard)
Hypothèses	L'exercice du Nordic Hamstring durant une période de 10 semaines et suivi de manière régulière peut permettre une diminution de l'incidence des blessures aux IJ (nouvelles ou récidivantes) durant une saison de football
Conclusion	Dans le football professionnel et amateur, l'ajout d'exercices spécifiques de type NH dans la préparation des joueurs diminuerait de 60% le risque de blessures (nouvelles ou récidivantes ++) aux IJ.
MÉTHODOLOGIE	
Design de l'étude	RCT non aveuglé
Description du design	RCT d'une année ayant pour but de comparer une préparation standard vs l'ajout de NH. La randomisation est effectuée par équipe et par niveau afin d'éviter les biais et faciliter le travail des entraîneurs.
Durée de l'étude	De Janvier à décembre 2008
Lieu de l'étude	Danemark
Description de l'outcome principal	L'apparition de blessures aux IJ durant les matchs ou entraînements
Moment des mesures (projeté)	De Janvier à décembre 2008
Population projetée	Sportifs professionnels et amateurs
Critères d'inclusion et d'exclusion	Exclusion: Les joueurs se joignant à une équipe après le début de l'étude. Inclusion: Les joueurs ayant quitté leur équipe en cours de saison
Description des outils de mesures	Absence de match ou d'entraînement, échelle de la FIFA pour classer la blessure.
Description du staff	Staff médical, entraîneurs et joueurs sont mis à contribution pour faire leurs exercices et répertorier leurs blessures éventuelles.
Ethique	Approuvé par le comité régional de l'éthique Danoise
Description des traitements et de leurs modalités	Programme d'intervention du NH de 10 semaines au début de l'étude puis 1x/semaine
ANALYSE DES DONNÉES	
Tests statistiques utilisés (but)	NNT, Poissons Analyses
Tests statistiques comprenant les abandons	oui
RÉSULTATS	
Population (moyenne et groupe)	Intervention : n = 461, Age : 23.0 (4.0), ATCD IJ = 54 (11.2%), Matchs joués/équipe = 29.5 (0.90) Control: n = 481, Age : 23.5 (4.0), ATCD IJ = 49 (10.6%), Matchs joués/équipe = 29.5 (1.16)
Genre	Masculin
Niveau sportif	Top 5 des divisions de football Danoise (professionnelles et amateurs)
Nombre de match	29,5
Drop Out	79 Drop out. 36 interventions et 43 control. Les raisons d'abandon : Transferts ou arrêt de la carrière.
Présence de tableau	Oui, bien documenté.
Résultats globaux	Contrôle (n=481) : 52 blessés, 32 nouveaux, 20 récurrents Intervention (n= 461) : 15 blessés (p=0,001), 12 nouveaux (p=0,034), 3 récurrents (p=0,003) La sévérité : INT: 15 blessés 454 jours d'absence (Moyenne 30,3 jours, SD= 18,3), CON: 52 blessés (Moyenne: 26,4 jours, SD= 19,5)
DISCUSSION	
Description des effets des interventions et leurs raisons au sein d'un groupe	Bonne compliance des joueurs (91% durant les 10semaines). DOMS décrit par de nombreux joueurs dans les 1 ^{ères} semaines du groupe intervention mais pas par la suite.
Description des effets des interventions et leurs raisons entre les groupes	9 des 15 blessures du groupe intervention et 12 des 52 du groupe contrôle ont eu lieu lors des 10 premières semaines. (pas de risque supplémentaire constaté mais un temps délai nécessaire avant de pouvoir ressentir les effets préventifs du NH).
Limites de l'étude	Pas d'aveuglement.
Explication des biais de l'étude	Pas de regard sur la compliance des sujets à faire leurs exercices après les 10semaines. Pas d'outcome comprenant le temps de jeu.
Réflexion sur des recherches futures	Incorporation d'exercices de type NH dans tous les programmes de prévention des lésions musculaires chez les footballeurs, notamment chez les joueurs présentant un fort risque de récurrence.
QUALITÉ	
Commentaires personnels	Bonne qualité. 1ere étude randomisée contrôlée avec un nombre important de participants et des résultats significatifs. Quels postes sont les plus à risques ???

ANNEXE 8 : Diagramme de GANTT

Tâches	2010												2011												2012														
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S		
Formation des groupes	x																																						
Choix d'un thème	x																																						
Recherche d'informations	x	x																																					
Choix de la question de recherche et de la problématique		x																																					
Développement de notre question de recherche	X	X	X	X	X	x																																	
1er séminaire de réflexion						1																																	
Envoi d'une page A4 concernant notre thème						4																																	
Modification du thème						x																																	
Acceptation du thème						9																																	
Recherche d'informations						x																																	
Recherche dans la littérature, lecture des abstracts, faisabilité						X	x																																
Choix de la question de recherche							x																																
Sélection des articles							X	x																															
Création du cadre théorique, rédaction de la table des matières									x																														
Envoi d'une première ébauche de projet									10																														
Préparation d'un PowerPoint pour le séminaire									x																														
Présentation PowerPoint du projet									25																														
Rédaction du cadre théorique									X	X																													
Rédaction de la méthodologie et de la faisabilité du projet											x																												
Envoi du projet											15																												
Ajustement du projet par rapport aux remarques faites											X	x																											
Rédaction du PowerPoint de présentation												x																											
Soutien du projet												31																											
Correction et finalisation du cadre théorique													x	x																									
Lecture approfondie des articles													X	X	X	x																							
Analyse critique des articles sélectionnés																X	X	x																					
Rédaction des résultats et de la discussion																	X	X	x																				
Rédaction de la conclusion																		X	X	x																			
Finalisation de la mise en page, dernières corrections																																							
Envoi du travail de bachelor																																							
Préparation de la soutenance et poster																																							
Soutenance du travail de bachelor																																							